

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATIONS
DANS LE BASSIN DU FLEUVE HUONG,
PROVINCE DE THUA THIEN HUE, CENTRE DU VIETNAM

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
ANH TUAN LUONG

AVRIL 2012

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

FLOOD RISKS EVALUATION
FOR HUONG RIVER BASIN,
THUA THIEN HUE PROVINCE, CENTRE OF VIETNAM

DISSERTATION PRESENTED AS PARTIAL REQUIREMENT
OF THE DOCTORATE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES

BY
ANH TUAN LUONG

APRIL 2012

Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 - Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

RÉSUMÉ

Les inondations sont un phénomène de plus en plus fréquent dans le monde. Ces catastrophes ont entre autres un impact sur l'environnement et les activités socio-économiques des communautés touchées. Il est donc indispensable pour les autorités de dresser le portrait des risques d'inondation auxquels sont soumises les populations afin de mettre en place des stratégies efficaces de prévention et de lutte. L'un des principaux enjeux actuels au Vietnam pour que ces stratégies soient efficaces est la production de cartes précises des risques d'inondation. En effet, pour le moment, les cartes disponibles ne permettent pas de fournir les informations suffisantes ou exactes nécessaires aux décideurs, notamment en ce qui concerne l'ampleur des impacts environnementaux reliés aux inondations et à leurs conséquences socio-économiques.

La présente étude vise à développer une méthode d'évaluation des risques d'inondation s'appuyant sur l'intégration des notions d'aléa d'inondation et de vulnérabilité. L'analyse des risques d'inondation est réalisée grâce à la participation des communautés affectées par ces catastrophes avec l'appui des systèmes d'information géographique (SIG) et de la télédétection. L'utilisation de ces outils permet de compenser dans une très large mesure les données manquantes et de préciser des données considérées pour le moment comme inexactes ou insuffisantes à l'analyse. Les impacts des inondations sur l'environnement et la sphère socio-économique comprennent la vulnérabilité de la communauté à l'inondation et les dommages potentiels à cause de l'occupation du sol. L'étude est réalisée dans le bassin du fleuve Huong, lequel occupe la moitié de la province de Thua-Thien-Hue, dans le centre du Vietnam. Les résultats de l'évaluation des risques d'inondation identifient les problèmes d'inondation dans une perspective intégratrice incluant les conditions socio-économiques et environnementales qui peuvent servir de support aux décisions des autorités locales et régionales.

Mots-clés : inondation, risque, vulnérabilité, environnement, impact, Thua-Thien-Hue, Vietnam, bassin versant, développement durable, gestion, socio-économique, SIG, télédétection, cartographie.

ABSTRACT

Flooding is a phenomenon, which has become more and more common around the world the last few years. This disaster causes harmful environmental and socio-economic impacts. Therefore, it is essential for local and national authorities to assess flood risks for their populations, in order to implement effective strategies for flood prevention and mitigation. For example, a major current issue in Vietnam is to produce accurate and up to date flood risk maps. The existing maps still do not provide adequate or accurate information, at least not at the level required by policy makers, particularly in terms of the extent of environmental impacts related to flooding and their socio-economic consequences.

Our study aims to develop a method for flood risk assessment based on the efficient integration of the concepts of flood hazard and vulnerability. Flood risk analysis is achieved through the participation of communities affected by disasters, with the support of the Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing. The use of such tools compensates in a large measure missing data, and it helps clarifying data that are currently considered as inaccurate or insufficient for analysis. The impacts of floods on the environment and the socio-economic vulnerability include community vulnerability to flooding and potential damages due to land use issues. This research is conducted in the basin of the Huong River, which covers half of Thua-Thien-Hue province, Central Vietnam. The results of flood risk assessment will be useful to identify flooding problems and their impact on the socio-economic and environmental factors, thus they can eventually be used to support the decision-making for local, regional and national authorities.

Key words: flood, risk, vulnerability, environment, impact, Thua-Thien-Hue, Vietnam, watershed, sustainable development, management, socio-economic, GIS, remote sensing, mapping

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES TABLEAUX	XI
LIST DES FIGURES	XIV
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	XVIII
AVANT-PROPOS	XX
PREMIÈRE PARTIE	
PROBLÈMES D'INONDATION ET DÉFIS DE LA GESTION	
CHAPITRE I	
INTRODUCTION : PROBLÈMES ET ENJEUX ASSOCIÉS AUX INONDATIONS	
1.1 Les inondations : des catastrophes naturelles graves	1
1.2 Gestion du risque d'inondation : le défi du Vietnam	5
1.2.1 Complexité du mécanisme d'inondation: des causes physiques	5
1.2.2 Changement climatique: des causes mondiales	6
1.2.3 Changements économiques: des causes liées aux orientations nationales.....	8
1.2.4 Dégradation des forêts: niveaux nationaux et responsabilités locales	9
1.2.5 Manque de coopération: intervenants multiples et intérêts divergents	10
1.3 Pour une gestion durable des inondations : Question de recherche	13
1.4 Objectifs de la recherche	15
1.4.1 Objectifs généraux	15
1.4.2 Objectifs spécifiques	16
1.5 Structure de la thèse	17

CHAPITRE II CADRE THÉORIQUE

2.1 Risque et risque d'inondation	18
2.2 Synthèse des recherches réalisées dans le monde et au Vietnam	24
2.2.1 Synthèse des modèles de risque individuel (aléa) d'inondation	24
2.2.2 Synthèse des modèles d'évaluation des risques sociaux d'inondation	28

DEUXIÈME PARTIE ÉVALUATION ET CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION

CHAPITRE III PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

3.1 Caractéristiques physiques	33
3.1.1 Topographie	33
3.1.2 Hydrologie	34
3.1.3 Température et humidité	35
3.1.4 Précipitations	36
3.1.5 Tempêtes et vents.....	37
3.1.6 Couverture forestière	38
3.1.7 Occupation du sol	38
3.2 Conditions socio-économiques	40
3.3 Problèmes d'inondations	41

CHAPITRE IV CADRE MÉTHODOLOGIQUE

4.1 Développement d'une méthode de l'évaluation des risques d'inondation	45
4.1.1 Définition du modèle d'évaluation des risques d'inondation	45
4.1.2 Rôle de la participation des communautés	48
4.1.3 Rôles des technologies de télédétection et SIG	60
4.2 Données et logiciels	62
4.3 Caractéristique de l'aléa d'inondation	65

4.3.1 Caractérisation de la profondeur	67
4.3.2 Caractérisation de la durée	71
4.4 Analyse de vulnérabilité des communautés	75
4.4.1 Pauvreté	77
4.4.2 Caractéristiques démographiques	80
4.4.3 Accès aux services publics et aux réseaux de transport.....	88
4.5 Occupation du sol et dommages potentiels	89
4.5.1 Cartographie de l'occupation du sol	89
4.5.2 Dommages potentiels.....	100
4.5.3 Analyse environnementale.....	101
4.6 Méthode d'analyse multicritères	105
4.6.1 Description de la méthode d'analyse multicritères.....	105
4.6.2 Analyse multicritère pour les indicateurs de mesure de vulnérabilité	107
4.6.3 Analyse multicritère des risques en fonction de l'aléa d'inondation	111
4.6.4 Analyse multicritère des risques sociaux	113

CHAPITRE V

RÉSULTATS ET ANALYSE : POUR UNE CARTOGRAPHIE ET UNE VALIDATION DES RISQUES D'INONDATION

5.1 Aléa d'inondation.....	117
5.1.1 Indice de profondeur	117
5.1.2 Indice de la durée d'inondation	119
5.1.3 Validation des résultats	121
5.1.4 Indice de l'aléa d'inondation	125
5.2 Vulnérabilité.....	127
5.2.1 Pauvreté	127
5.2.2 Démographie.....	128
5.3 Indice de vulnérabilité socio	137
5.4 Dommages potentiels	138
5.4.1 Occupation du sol	138
5.4.2 Coût des dommages	142
5.5 Impacts potentiels sur l'environnement	144

5.6 Risque social d'inondation	147
--------------------------------------	-----

TROISIÈME PARTIE

APPROCHE DE LA GESTION DURABLE DES INONDATIONS

CHAPITRE VI

GESTION DURABLE DES RISQUES D'INONDATION

6.1 Rôle de l'évaluation des risques d'inondation	155
6.1.1 Rapport sur l'aléa d'inondation	156
6.1.2 Rapport sur les vulnérabilités	158
6.1.3 Rapport sur les dommages économiques	163
6.1.4 Rapport sur les impacts environnementaux	164
6.1.5 Rapport sur les risques sociaux d'inondation	166
6.1.6 Analyse combinée du couple aléa-vulnérabilités	172
6.2 Problème de la gestion durable des risques d'inondation	178
6.2.1 Stratégies et politiques nationales de la gestion des inondations	178
6.2.2 Organisation et actions de la gestion d'inondation dans la province	182
6.2.3 Plan global de développement économique et social	184
6.3 Gestion durable des risques d'inondation	185
6.4 Nécessité d'une évaluation environnementale stratégique (ÉES)	188

CONCLUSION

APPENDICE A

LES SYNTHÈSES DE L'ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATION PAR COMMUNE	195
---	-----

APPENDICE B

LA SYNTHÈSE DES MODÈLES D'ÉVALUATION DES RISQUES	238
--	-----

APPENDICE C

ÉLEVATION DE L'INONDATION HISTORIQUE EN 1999, PROVINCE DE THUA THIEN HUE	249
---	-----

APPENDICE D

LES IMAGES SATELLITAIRES	256
--------------------------------	-----

APPENDICE E	
CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA D'INONDATION ET DE L'UTILISATION DU SOL AUPRÈS DES COMMUNAUTÉS	261
BIBLIOGRAPHIE	287

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Typologie des catastrophes selon leur gravité, par région du Vietnam	5
2.1 Synthèse des recherches sur le risque individuel d'inondation	24
2.2 État des études d'inondation pour les provinces centrales du Vietnam	26
3.1 Caractéristiques du bassin du fleuve Huong	35
3.2 Occupation du sol (hectares), Province de Thua Thien Hue	39
3.3 Distribution de l'occupation du sol (hectares) en fonction de l'élévation	39
4.1 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des âges	56
4.2 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des genre et ethnicité	57
4.3 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction de l'éducation	57
4.4 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction du structure de travail	57
4.5 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des indicateurs de mesure de vulnérabilité	58
4.6 Synthèse de l'évaluation des coût d'installation et coût de réparation pour les différents types d'occupation du sol	58
4.7 Synthèse des données et informations collectées par PRA	59
4.8 Données utilisées dans notre étude	63
4.9 Erreurs obtenues pour chaque méthode d'interpolation	70
4.10 Caractéristiques démographiques en fonction de la vulnérabilité	81
4.11 Luminances spectrales $L_{MIN\lambda}$ et $L_{MAX\lambda}$ ($mW.cm^{-2}.ster^{-1}.\mu m^{-1}$)	91
4.12 Irradiance spectrale exo atmosphérique du soleil pour LANDSAT7-ETM	92
4.13 Coût des dommages en fonction de la profondeur et de la durée d'inondation	101
4.14 Poids des indicateurs de mesure de vulnérabilité socio-économique	111
5.1 Indices de profondeur d'inondation	117
5.2 Validation des profondeurs d'inondation	124
5.3 Validation des durées d'inondation	125
5.4 Validation de la classification d'occupation du sol	140

5.5 Validation du risque social d'inondation	151
5.6 La synthèse de la qualité des recherches d'inondation au Centre du Viet-Nam	152
6.1 Synthèse de l'aléa d'inondation par district	156
6.2 Synthèse des vulnérabilités par district	162
6.3 Synthèse des impacts environnementaux par district	165
6.4 Synthèse des risques sociaux d'inondation par district.....	172
A.1a Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, ville de Hue	196
A.1b Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Phong Dien	198
A.1c Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Quang Dien	199
A.1d Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Huong Tra	200
A.1e Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Huong Thuy	201
A.1f Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Phu Vang	202
A.1g Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Phu Loc	204
A.2a Synthèse des vulnérabilités par commune, ville de Hue	205
A.2b Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phong Dien	207
A.2c Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Quang Dien	208
A.2d Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Huong Tra	209
A.2e Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Huong Thuy	210
A.2f Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phu Vang	211
A.2g Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phu Loc	213
A.3a Synthèse des dommages par commune, ville de Hue	214
A.3b Synthèse des dommages par commune, district de Phong Dien	215
A.3c Synthèse des dommages par commune, district de Quang Dien	216
A.3d Synthèse des dommages par commune, district de Huong Tra	217
A.3e Synthèse des dommages par commune, district de Huong Thuy	218
A.3f Synthèse des dommages par commune, district de Phu Vang.....	219
A.3g Synthèse des dommages par commune, district de Phu Loc	220
A.4 Synthèse des impacts environnementaux par commune	221
A.5a Synthèse des risques sociaux par commune, ville de Hue	223
A.5b Synthèse des risques sociaux par commune, district de Phong Dien.....	224
A.5c Synthèse des risques sociaux par commune, district de Quang Dien	225
A.5d Synthèse des risques sociaux par commune, district de Huong Tra	226

A.5e Synthèse des risques sociaux par commune, district de Huong Thuy	227
A.5f Synthèse des risques sociaux par commune, district de Phu Vang	228
A.5g Synthèse des risques sociaux par commune, district de Phu Loc	229
A.6a Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, ville de Hue	230
A.6b Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phong Dien	232
A.6c Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Quang Dien	233
A.6d Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Huong Tra	234
A.6e Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phu Vang	235
A.6f Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Huong Thuy	236
A.6g Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phu Loc	237

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Répartition des catastrophes naturelles par type	2
1.2 Impacts sur les humains, par type de catastrophe	3
1.3 Complexité du système de gestion des catastrophes	12
2.1 Différence entre risque individuel (RI) et risque social (RS)	19
2.2 La définition du risque d'inondation	23
2.3 Synthèse des modèles d'évaluation des risques	30
3.1 Localisation de la zone d'étude	32
3.2 Vue en 3 dimensions de la province de Thua Thien Hue	33
3.3 Température et humidité mensuelles de la province de Thua Thien Hue	36
3.4 Précipitations mensuelles dans le bassin de la rivière Huong	37
3.5 Occupation du sol de la province de Thua Thien Hue	38
4.1 Démarche méthodologique	45
4.2 Démarche d'évaluation des risques d'inondation	47
4.3 Cadre initial pour la PRA au niveau communal	49
4.4 Démarche de participation publique par PRA	50
4.5 Exemples de cartographie de commune	51
4.6 Exemple de schéma de Venn	52
4.7 Exemple de calendrier saisonnier	53
4.8 Classement de profondeur d'inondation au niveau des risques	54
4.9 Seuil de durée d'inondation au niveau des risques	55
4.10 Classement de vulnérabilité des communautés face aux inondations	55
4.11 Caractéristiques de l'aléa d'inondation	67
4.12 Sites d'investigation de la hauteur de l'inondation historique de 1999	69
4.13 Fusion des images RadarSat et Landsat ETM+	73
4.14 Procédure de classification non dirigée	75
4.15 Analyse de la vulnérabilité socio-économique	77

4.16	Seuil de pauvreté par commune	80
4.17	Répartition de la population en fonction de la vulnérabilité par âge	82
4.18	Population en fonction de la vulnérabilité et du niveau d'éducation	83
4.19	Densité de population dans les communes inondables	85
4.20	Distribution des ethnies minoritaires (pourcentage de membres de groupes minoritaires sur la population totale par commune)	86
4.21	Type d'occupation et vulnérabilité	88
4.22	Densité des réseaux de transport dans les communes inondables	89
4.23	Cartographie d'occupation du sol	90
4.24a	La composition naturelle colorée de l'image Landsat-ETM	94
4.24b	La composition fausse colorée de l'image Landsat-ETM	95
4.25	Interprétation visuelle de l'image EROS-B	98
4.26	Schéma de la fonction d'entraînement par voie dirigée	99
4.27	Domage en fonction du type d'occupation du sol	100
4.28	Impacts potentiels de la pollution induite par l'inondation	102
4.29	Analyse des impacts d'inondation sur l'environnement	104
4.30	Évaluation des niveaux de risques d'inondation	107
4.31	Corrélation entre la pauvreté et les autres caractéristiques socio-économiques	110
4.32	Combinaison des caractéristiques d'inondation	113
4.33	Analyse des risques sociaux de l'inondation	114
5.1	Profondeur maximale de l'inondation historique de 1999	118
5.2	Durée de l'inondation historique de 1999	120
5.3	Sites de validation des résultats des profondeurs de l'aléa d'inondation	122
5.4	Sites de validation des résultats des durées de l'aléa d'inondation	123
5.5	Carte de l'aléa d'inondation	126
5.6	Distribution de l'aléa d'inondation	127
5.7	Indice de vulnérabilité en fonction de la pauvreté	128
5.8	Indice de vulnérabilité en fonction de l'âge	130
5.9	Indice de vulnérabilité en fonction du genre	131
5.10	Indice de vulnérabilité en fonction de l'éducation	133
5.11	Indice de vulnérabilité en fonction de la structure du travail	134
5.12	Indice de vulnérabilité en fonction de la densité de population	136

5.13 Indice de vulnérabilité en fonction de la densité des réseaux de transport	137
5.14 Vulnérabilité socio face à l'inondation	138
5.15 16 communes pour la validation des résultats de la classification	139
5.16a Occupation du sol pour les zones inondées	141
5.16b Distribution de l'occupation du sol	142
5.17a Coût des dommages en fonction de l'occupation du sol	143
5.17b Distribution du coût des dommages en fonction de l'occupation du sol	144
5.18 Détection des sites de pollution : a) Cuvettes locales ; b) Durée d'inondation ; c) Sites de pollution	144
5.19 Détection des cuvettes locales : a) Minimums locaux; b) Extension régionale (tolérance = 0,5 m)	145
5.20 Impacts des inondations sur l'environnement	146
5.21 Seuillage des risques sociaux d'inondation	147
5.22 Carte du risque social d'inondation	148
5.23 Indice du risque social d'inondation synthétisé par commune	150
6.1 Synthèse de l'aléa d'inondation par district	157
6.2a Vulnérabilité socio, ville de Hue	158
6.2b Vulnérabilité socio, districts de Quang Dien et Phong Dien	159
6.2c Vulnérabilité socio, districts de Huong Tra et Huong Thuy	160
6.2d Vulnérabilité socio, districts de Phu Vang et Phu Loc	161
6.3 Synthèse des vulnérabilités par district	162
6.4 Synthèse des dommages par district	164
6.5 Synthèse des impacts environnementaux par district	165
6.6a Risque social, Ville de Hue	167
6.6b Risque social, districts de Quang Dien et Phong Dien	169
6.6c Risque social, districts de Huong Thuy et Huong Tra	170
6.6d Risque social, districts de Phu Vang et Phu Loc	171
6.7 Synthèse des risques sociaux par district	172
6.8a Corrélation entre les risques sociaux et la durée d'inondation	173
6.8b Corrélation entre les risques sociaux et la profondeur d'inondation	173
6.9 Corrélation entre les risques sociaux et la vulnérabilité des communautés	174
6.10a Corrélation entre la vulnérabilité et la durée de l'inondation	175

6.10b	Corrélation entre la vulnérabilité et la profondeur de l'inondation	175
6.11	Corrélation entre les risques sociaux et les dommages potentiels	176
6.12a	Problèmes de barrage provoqué à l'embouchure de la rivière Bo	177
6.12b	Évacuation de l'eau vers la mer par la rivière Huong	177
6.13	Corrélation entre les risques sociaux et les impacts environnementaux	178
6.14	Organigramme du PCFSC de Thua Thien Hue	183
6.15	Triangle de la gestion durable des risques d'inondation	188

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

4R	Reduction, Repair, Response et Recovery
ADB	Asia Development Bank
ADPC	Asian Disaster Preparedness Center
APELL	Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level
CCFSC	Central Committee for Flood and Storm Control
CCTSMHE	Center of Consultancy & Technical Support of Meteorology, Hydrology and Environment
CDEM	Civil Defence Emergency Management
CIAS	Centre Inter-ministeriel d'Applications Spatiales
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DMU	Disaster Management Unit
EAM	Erreur absolue moyenne
ÉES	Évaluation environnementale stratégique
ÉIE	Évaluation des impacts environnementaux
EPC	Emergency Preparedness Canada
EQM	Erreur quadratique moyenne
FAO	Food and Agriculture Organization
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GDLA	Département général du cadastre du Vietnam

GSO	General Statistics Office
HIRV	Hazard Impact Risk Vulnerability
HMS	Hydrometeorological Service of Vietnam
MADR	Ministère Agriculture et Développement Rural
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OFDA	Office Foreign for Disaster Assistance, USA
PCFSC	Provincial Committee for flood and Storm Control
PPASPMC	Projet de Plan d'Action et de Stratégie de Préparation et de Mitigation pour les Catastrophes
PRA	Participatory Rural Appraisal
SIG	Système d'information géographique
SMUG	Seriousness, Manageability, Urgency, and Growth
TIN	Triangular Irregular Network
UNDRO	United Nations Disaster Relief Co-ordinator
UNEP	United Nations Environment Programme Industry and Environment Program Activity Centre
VTGEO	Centre de télédétection et géomatique, Institut de géologie

AVANT-PROPOS

En 2001, nous avons signé un contrat avec le projet PNUD-VIE/97/002, DMU : *Disaster Management Unit*. Endossant le titre d'expert en SIG dans ce projet, je me suis retrouvé en charge du développement d'une méthode de cartographie de l'aléa d'inondation (*Flood Hazard Mapping* en anglais) pour sept provinces du centre du Vietnam. Pour ce faire, notre équipe a selon différentes fréquences de retour d'inondation (1% : une fois par 100 ans; 5% : une fois par 20 ans et 20% : une fois par 5 ans). Cependant, à cause du manque ou de l'imprécision des données hydrométéorologiques auxquelles nous avons accès, les résultats obtenus n'ont pas répondu aux besoins des communautés ni des autorités régionales, notamment au niveau de leur exactitude et ultérieurement pour pouvoir être utiles en matière d'aide à la décision. Pour améliorer la précision des cartes d'aléa des inondations en s'appuyant sur la participation publique et aussi pour enseigner aux communautés l'utilisation de ces cartes, nous avons développé et organisé des formations en cartographie des inondations en ayant recours à la méthode PRA (*Participatory Rural Appraisal*).

Les formations se sont bien passées, notamment grâce à la participation zélée des communautés et des autorités régionales. Nous avons ainsi récolté beaucoup d'informations et des données concernant les inondations qui peuvent être utilisables, pas seulement pour l'amélioration de la précision des cartes d'aléa des inondations, mais aussi pour un autre genre d'application dont l'idée a fait son chemin durant notre recherche, à savoir l'évaluation des risques d'inondation s'appuyant sur la participation publique. Malheureusement, entre temps, le projet DMU a dû cesser ses activités à la fin de l'année 2004, et nous n'avons donc pas eu le temps de mettre en application les idées qui nous avaient alors semblé si pertinentes. Une opportunité s'est toutefois offerte à moi, sous la forme d'une bourse de formation à l'étranger du Gouvernement du Vietnam, qui m'a alors été attribuée par le Ministère de l'Éducation et de la Formation. Cela m'a permis de me consacrer, enfin et à temps plein, à exploiter l'idée qui avait germé dans mon esprit dans le cadre du projet DMU, cette fois-ci

sous la forme d'une thèse de doctorat à l'Institut des Sciences de l'Environnement de l'Université du Québec à Montréal, au Canada.

Ma thèse étant enfin menée à bien, je tiens donc ici à témoigner toute ma reconnaissance à l'ensemble des personnes rencontrées et qui m'ont aidé, chacune à sa façon, à l'accomplissement de la présente recherche. D'abord, je pense à mes deux directeurs de thèse, les professeurs Yann Roche et Jean-Philippe Waaub, du département de géographie de l'Université du Québec à Montréal, qui ont accepté conjointement de me superviser. En particulier, l'aide du professeur Yann Roche m'a été précieuse tout au long de mon travail. Je tiens aussi à remercier madame Nguyen Thu Que, chef de formation, monsieur Nguyen Ngoc Toai, expert de PRA et monsieur Marshal Silver, STA (*Senior Technical Advisor*) dans le projet DMU, qui m'ont beaucoup inspiré pour mon sujet de recherche. J'adresse également toute ma reconnaissance à tous les autres membres du projet DMU avec qui j'ai travaillé pendant 4 ans (de 2001 à la fin 2004). Parmi mes collègues et amis vietnamiens, je remercie plus particulièrement Pham Thanh Hai, Bui Duc Viet, Dang Vu Khac, Pham Trinh Hung et Nguyen Hung Ha pour leurs discussions sur le sujet de mes études.

J'ai aussi la plus profonde reconnaissance et un sentiment difficile à exprimer par des mots pour ma femme et pour l'ensemble de ma famille. Ils m'ont apporté un soutien sans faille et m'ont ainsi placé dans les conditions les plus favorables pour moi et pour mon travail. J'adresse mes plus sincères remerciements à mon père Luong Thai Bao, à ma mère Trinh Thi Tuyet Nhung, à ma femme Le Dieu Thuy, à mes deux fils Luong Minh Nhat et Luong Tuan Minh, à mes beaux-parents Le Ngoc Anh et Ha Thi Phuc Truong, à ma sœur Luong Thi Van Anh et à mon beau-frère Nguyen Ngoc Hau pour leur joie de vivre, leur compréhension et leurs encouragements quotidiens.

Pour terminer, je voudrais remercier ici :

Le Centre de Télédétection et de Géomatique du Vietnam (VTGEO), Institut de Géologie pour toutes mes connaissances initiales de télédétection.

L'Université du Québec à Montréal pour son accueil et son aide au Québec, en particulier madame Lucie Brodeur pour son assistance dans les labyrinthes administratifs tout au long de mes études.

Le Comité central pour le contrôle des inondations et des tempêtes (CCFSC) pour la collecte des données concernant les risques d'inondation.

Les habitants de la province de Thua-Thien-Hue, et leur Comité provincial pour le contrôle des inondations et des tempêtes (PCFSC), en particulier monsieur Pham Van Hung, directeur de ce comité, pour leur aide sur le terrain et la collecte de données.

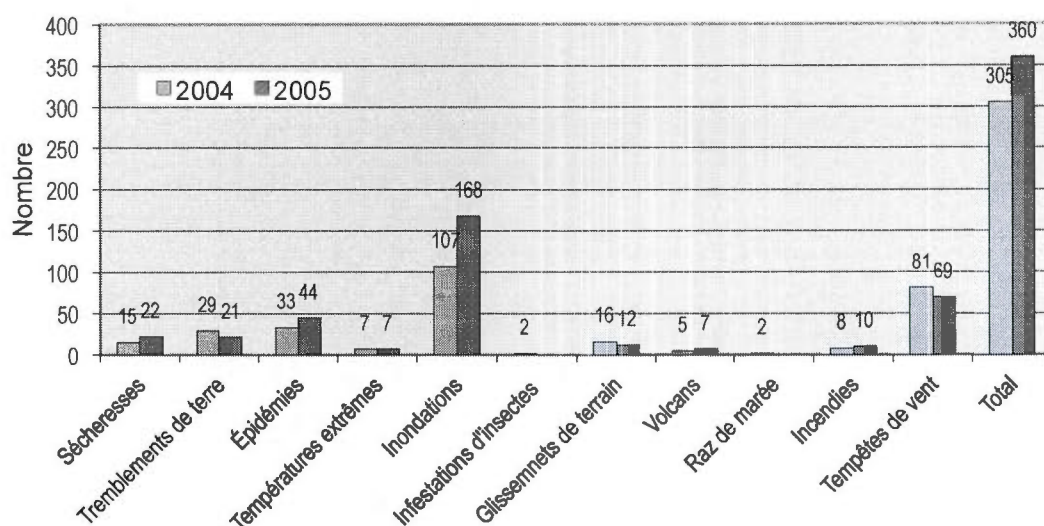
CHAPITRE I

INTRODUCTION

PROBLÈMES ET ENJEUX ASSOCIÉS AUX INONDATIONS

1.1 Les inondations : des catastrophes naturelles graves

Les catastrophes naturelles ont toujours posé de graves problèmes à travers le monde. Parce qu'elles touchent un grand nombre de personnes, les inondations figurent parmi les catastrophes naturelles ayant chaque année l'impact le plus significatif à l'échelle mondiale. On a vu par exemple, pour les années 2004 et 2005, une augmentation de l'importance des inondations, ces dernières ayant représenté plus de la moitié des événements catastrophiques dans le monde (Figure 1.1).

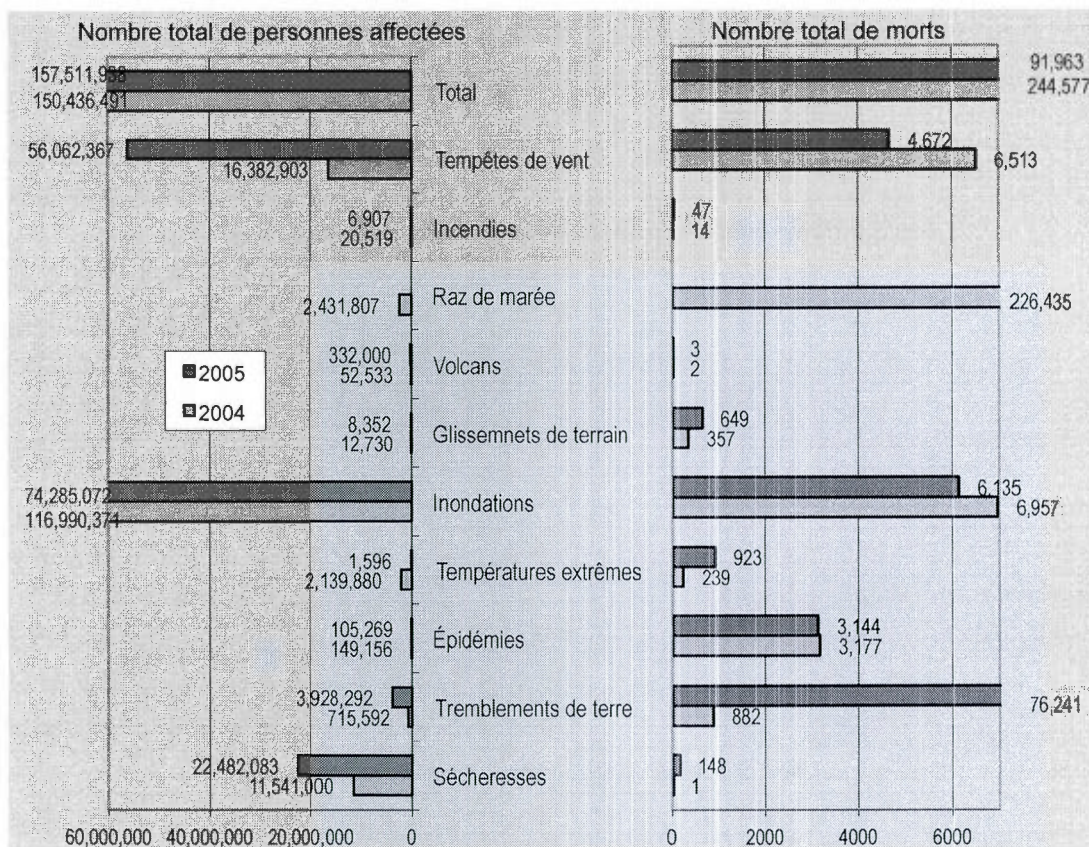


Source: OFDA/CRED¹

Figure 1.1 Répartition des catastrophes naturelles par type

À l'échelle mondiale, le nombre de personnes touchées et les pertes économiques liées aux inondations sont en augmentation. De 1981 à 1990, 147 millions de personnes ont été touchées en moyenne chaque année par des catastrophes naturelles. Ce nombre a augmenté à 211 millions de personnes par an entre 1991 et 2000 et plus de 30% de ces personnes ont été touchées par les inondations (Pilon 2001). Entre 2004 et 2005, environ 200 millions de personnes ont été affectées par les inondations et plus de 13 000 en sont mortes (Figure 1.2).

¹ OFDA : Office Foreign for Disaster Assistance; CRED : Centre for Research on the Epidemiology of Disaster



Source: OFDA/CRED

Figure 1.2 Impacts sur les humains, par type de catastrophe

Les causes des catastrophes actuelles telles que les inondations et les sécheresses sont de plus en plus complexes à cause des changements climatiques, ce qui entraîne une plus grande potentialité d'effets indésirables (Aalst and Burton 2002). La fin des années 1990 et le début des années 2000 ont de plus été marqués par une remarquable augmentation du nombre de catastrophes. Entre 1998 et 2002 par exemple, l'Europe a subi plus de 100 inondations majeures, notamment les inondations catastrophiques du Danube et de l'Elbe en 2002. Ces inondations ont eu des impacts désastreux sur la santé des humains (environ 700 personnes ont été tuées depuis 1998), sur leur situation sociale (environ un demi-million de personnes ont été déplacées) ou sur leur situation économique (au moins 25 milliards d'euros de pertes économiques en matière d'assurance). Ces inondations ont également des effets très graves

sur l'environnement physique (risques de pollution, glissements de terrain, etc.) (Affeltranger and Lasserre 2003).

Comme plusieurs autres pays, le Vietnam est exposé à des risques naturels dévastateurs, lesquels entraînent d'énormes pertes en vies humaines, sur le plan économique et sur l'environnement (Ujjie 2001). De 1996 à 2005, de graves inondations se sont produites de manière régulière et touchées la plupart des régions du Vietnam. Les dommages associés aux inondations dans cette période ont atteint un nouveau sommet au Vietnam au 20^e siècle. Ces dernières années (de 1996 à 2005), le centre du Vietnam a été, de tout le pays, la zone la plus touchée par les inondations. En effet, elles ont engendré de mort de 715 personnes, submergé près de 1 million de maisons, détruit des milliers de maisons et causé des pertes économiques de près de 5 000 milliards de Dong VN (équivalant à 250 millions de dollars canadiens) dans le centre du Vietnam (CCFSC 2006).

Notamment, en 1996, les inondations ont affecté 17 des 18 provinces du centre du Vietnam, entraînant le décès de 570 personnes, faisant 55 personnes disparues, mettant en danger la subsistance de 353 600 ménages, emportant 13 800 maisons, 1352 salles de classe et 117 dispensaires de santé, endommageant 509 000 maisons, inondant 323 000 ha de riz, dévastant 6,9 millions de m³ de sols liés aux ouvrages hydrauliques et 4,9 millions de m³ de sols liés à l'infrastructure de transport et coulant 298 bateaux et navires. Le montant total des dommages a été estimé à plus de 2 200 milliards de Dong VN (soit environ 110 millions de dollars canadiens). De nombreuses inondations ont eu lieu, soit dans certaines provinces, soit dans toute la région notamment lors des années 1964, 1970, 1975, 1985, 1996, 1998 et 1999. Les typhons accompagnés des inondations historiques de 1964, 1998 et 1999 ont eu des impacts sur tout le Centre du pays. A titre d'exemple, les deux typhons successifs de 1964 ont entraîné des pluies torrentielles, inondé des centaines de villages, causé 7000 morts et des pertes énormes en biens matériels. Des inondations historiques ont aussi été observées lors des années 1969, 1975, 1978, 1988, 1990, 1992, 1993, 1995, 1996, 1998 et 1999. Les trois dernières citées ont duré entre un mois à un mois et demi et ont atteint un degré de dévastation jamais vu. Ce type de catastrophe, de plus en plus fréquent et destructeur, a bien entendu des conséquences négatives pour l'économie, la société et l'environnement de la région (VIE/97/002 2001).

En avril 1999, la tempête tropicale n° 1 a apporté des pluies torrentielles dans les provinces de Ha Tinh et de Quang Ngai. Du 1^{er} novembre à la fin décembre 1999, presque toutes les provinces au centre du Vietnam ont connu des périodes de pluies torrentielles, entraînant entre autres deux inondations dans la vaste région située entre les provinces de Quang Binh et Khanh Hoa (CCFSC 2006).

Tableau 1.1 Typologie des catastrophes selon leur gravité, par région du Vietnam

Catastrophes \ Région	Sud-Nord	Plaine du Nord	Centre -Nord	Centre -Sud	Plateaux	Sud-est	Basin du Mékong	Nation entière
Tempêtes	++	++++	++++	++++	++	+++	+++	++++
Inondations	-	++++	++++	+++	+++	+++	++++	++++
Inondations rapides	+++	-	+++	+++	+++	+++	+	+++
Tempêtes de vent	++	++	++	++	+	++	++	++
Sécheresses	+++	+	++	+++	++	+++	+	+++
Désertification	-	-	+	++	+	++	+	++
Intrusion d'eau salée	-	+	++	++	-	++	+++	++
Glissements de terrain	++	++	++	++	++	++	+++	++
Tempête d'onde	-	++	++	++	-	++	+++	++
Incendies	++	+	++	+++	+++	+++	+++	+++
Catastrophes Industrielles et environnementales	+	++	++	++	+	+++	++	+++

Légende:

Très grave (++++)

Grave (+++)

Moyenne (++)

Moins (+)

Non (-)

(Source: 2001, UNDP Project VIE/97/002 – Disaster Management Unit - DMU)

1.2 Gestion du risque d'inondation : le défi du Vietnam

1.2.1 Complexité du mécanisme d'inondation: des causes physiques

Les caractéristiques topographiques du Vietnam font que ce dernier est particulièrement exposé aux catastrophes naturelles telles que les typhons, les tempêtes tropicales, les

inondations, la sécheresse, les intrusions d'eau de mer, les glissements de terrain et les incendies de forêt (CCFSC 2006). Les catastrophes les plus destructrices et fréquentes au Vietnam sont d'ailleurs les typhons, les tempêtes tropicales et les inondations (CCTSMHE 2002). La topographie particulière du Centre du Vietnam, plus précisément entre les provinces de Thua-Thien-Hue et de Binh Dinh, est encadrée par des montagnes à l'ouest et la mer à l'est. Les bassins versants y sont étroits à l'est du massif montagneux Truong Son et divisés en plusieurs petites plaines. Les plaines littorales centrales ont été formées par la combinaison de nombreux processus côtiers hydrologiques, par l'interaction entre les rivières locales descendant des montagnes et de la mer. De Thanh Hoa à Hué, le rivage est en pente douce tandis que de Da Nang à Phan Thiet, la pente est plus abrupte (CCTSMHE 2002). La combinaison d'une longue plaine côtière et de fréquentes tempêtes tropicales provoque donc régulièrement des inondations dans la région centrale du Vietnam. En outre, dans la zone de montagnes et de collines, le cours des rivières est court et très pentu avant de se jeter dans la Mer de Chine Méridionale (CCFSC 2006). Les inondations rapides sont donc nombreuses du fait de la puissance du débit d'eau en amont déferlant brusquement en aval. Pendant les inondations, le niveau d'eau de tous les cours d'eau dépasse le niveau d'alarme 3 (le plus haut niveau d'alarme), tandis que la combinaison du débordement des rivières et des précipitations locales extrêmes provoque un débordement dommageable sur l'ensemble de la plaine inondable. Dans les zones de plaine, les dommages sont principalement causés par la longue période de submersion et par la profondeur de l'inondation. Cette dernière atteint jusqu'à deux mètres de hauteur dans les maisons et peut durer plusieurs jours (Villegas 2004). On voit donc que le mécanisme d'inondation au Vietnam, notamment dans le centre du pays, est la combinaison d'une inondation rapide en amont et de la durée et de la profondeur de l'inondation fluviale en aval. Ces caractéristiques posent un vrai défi pour la gestion de l'inondation.

1.2.2 Changement climatique: des causes mondiales

Ces dernières années, les catastrophes naturelles ont vu leur nombre et leur importance s'accroître du fait de la complexification du changement climatique (Aalst and Burton 2002). La saison 1997-1998 par exemple, a été marquée par des manifestations d'El Niño causant des inondations inhabituelles, des tempêtes et des épisodes de sécheresse, le tout ayant des

impacts importants sur les plans sociaux et économiques pour plusieurs régions (GIEC 2001). Par exemple, le bilan humain du typhon Linda, qui a touché le Vietnam en 1999, a été de 4 502 morts ou disparus, le plus grand nombre de décès causés par un typhon depuis des décennies. Au cours de cette même tempête, 440 000 hectares de rizières ont été perdus dont 330 000 hectares gravement endommagés et 133 000 maisons ont également été détruites. Le total des pertes atteint plusieurs milliers de milliards de VN Dong (soit environ cinq cents millions de dollars canadiens) (CCFSC 2006).

Au Vietnam, les pauvres sont particulièrement vulnérables aux catastrophes naturelles, plus encore que dans certains autres pays en développement, parce que les Vietnamiens vivent dans les endroits plus dangereux et que de surcroît ils peuvent compter sur moins de protection, d'assurances, et d'alternatives (Adger 1999). Les statistiques concernant les dommages ont montré que les populations marginalisées des communautés côtières du Vietnam sont plus sensibles et vulnérables aux effets des risques météorologiques. Les effets généraux du changement climatique au Vietnam ont déjà été identifiés, mais les impacts détaillés à court (cinq ou dix ans) ou à long terme font encore l'objet de recherches (Adger 1999). De nombreux programmes de coopération internationale ont d'ailleurs pour thème l'adaptation aux changements climatiques. Les objectifs de cette thèse ne visent certes pas l'étude des relations entre le changement climatique et l'augmentation de la fréquence des inondations, mais elle se doit de se pencher non seulement sur l'étude de ce phénomène, dans ses aspects tant quantitatifs que qualitatifs dans le contexte du Vietnam mais aussi dans le contexte plus global du changement climatique. Bien que les inondations soient plus fréquentes et plus graves, il serait pourtant erroné d'attribuer directement ces éléments au seul changement climatique (Osbaahr, Twyman et al. 2008). L'augmentation des impacts des inondations peut en effet être vue comme la principale conséquence de la convergence de facteurs nationaux et locaux résultant eux-mêmes d'une transition économique rapide, de la dégradation des forêts et du manque de coopération entre tous les niveaux de gouvernement pour la gestion des inondations.

1.2.3 Changements économiques: des causes liées aux orientations nationales

Depuis le milieu des années 1980, le Vietnam a connu une importante croissance économique. Le « processus de *Doi Moi* » (qui se traduit littéralement par « changement ») a permis de réformer la politique économique et les marchés décentralisés à tous les niveaux économiques (Ninh, Luat et al. 2005). Les principaux avantages en ont surtout été la réduction de la pauvreté par la création d'emplois supplémentaires (Ninh, Luat et al. 2005). Toutefois, ce développement économique n'a pas été sans conséquences négatives (conflits) et il a obligé à des compromis face à la pression démographique et économique croissante et à la dégradation environnementale, laquelle se traduit par la déforestation, la dégradation des terres, la pollution de l'eau et les problèmes de gestion des déchets. Cette dégradation est une cause de catastrophes naturelles dont l'impact est considérable pour les communautés les plus pauvres (Ninh, Luat et al. 2005). Au Vietnam, cette transition économique a eu des conséquences particulièrement importantes car elle a représenté une attitude de « laissez-faire » à partir d'une planification plus centralisée, afin de laisser plus de liberté de décision sur l'utilisation des terres pour les secteurs privés. La pression liée à ce changement peut être perçue comme une réponse rationnelle des agriculteurs aux changements économiques.

Depuis le début du *Doi Moi*, les pays asiatiques, européens et les États-Unis sont devenus de gros importateurs de produits de la mer provenant du Vietnam. Les crevettes et d'autres fruits de mer ont commencé à voir leur valeur commerciale augmenter (Gowing, Tuong et al. 2006). Les importants profits à l'exportation que cela a représenté ont poussé les autorités gouvernementales, aux niveaux central et local, à encourager le développement de l'aquaculture. Du fait des réformes économiques, une grande part des terres agricoles a été concurrencée par la sylviculture, ainsi que par la prolongation des droits d'usage individuel (20 ans pour l'agriculture et jusqu'à 50 ans pour la sylviculture) de façon à encourager la privatisation et la libéralisation du marché. Cependant, les pratiques d'aquaculture intensives ont causé de nombreux problèmes environnementaux, tels que la destruction du paysage, la pollution de l'eau et des terres par les effluents des étangs, les espèces invasives, l'appauvrissement de la biodiversité et la destruction de fragiles écosystèmes de mangrove (Gowing, Tuong et al. 2006).

Dans les zones côtières, où les rapides et intenses changements dans l'utilisation des terres, associés à l'utilisation des zones de mangroves pour l'aquaculture perturbent l'évacuation des eaux vers le fleuve et les réseaux de canaux pendant la saison d'inondation (Douglass, DiGregorio et al. 2002). En outre, ces dernières années, l'expansion du réseau routier dans ces mêmes régions a créé des obstacles supplémentaires à l'écoulement des eaux (Douglass, DiGregorio et al. 2002). Le déclenchement d'une inondation dépend en effet du volume de stockage des rivières, des canaux, du taux de pénétration de l'eau et des sorties (Rodriguez-Iturbe and Rinaldo 1997). La multiplication de ces obstacles diminue donc la capacité de stockage des rivières et des sorties d'eau aux moments les plus cruciaux de la période d'inondation. Par conséquent, dans le cadre de la réglementation foncière, plusieurs nouvelles questions apparaissent avec acuité et convergent vers l'importance du contrôle et de l'application de l'utilisation des terres et des eaux, en particulier dans les élevages de crevettes, il apparaît important de veiller à ce que les gains à court terme ne se traduisent pas par un échec à long terme en termes de développement durable (Douglass, DiGregorio et al. 2002).

1.2.4 Dégradation des forêts: niveaux nationaux et responsabilités locales

La couverture forestière du Vietnam a beaucoup diminué entre 1943 et 2005, passant de 44% de la superficie totale du pays à 28% (ou 9,3 millions d'hectares). Pendant la guerre du Vietnam, les actions de l'armée américaine ont notamment détruit, selon l'estimation du FIPI², 4,9 millions d'hectares de couverture forestière (FIPI 2001). La forêt a durant cette période été marquée par un recul rapide, avec un taux de 100 000 à 200 000 hectares par an.

À l'échelle globale, la perte rapide des forêts à travers le monde ainsi que les changements du régime des précipitations globales entraînent une augmentation de la fréquence des catastrophes liées aux précipitations (De Koninck 2005).

À l'échelle locale, un des rôles de la forêt tropicale est qu'elle joue un rôle de mitigation par rapport aux risques liés à l'eau. La relation entre la dégradation des forêts et les risques

² Fipi: Forest Inventory and Planning Institute

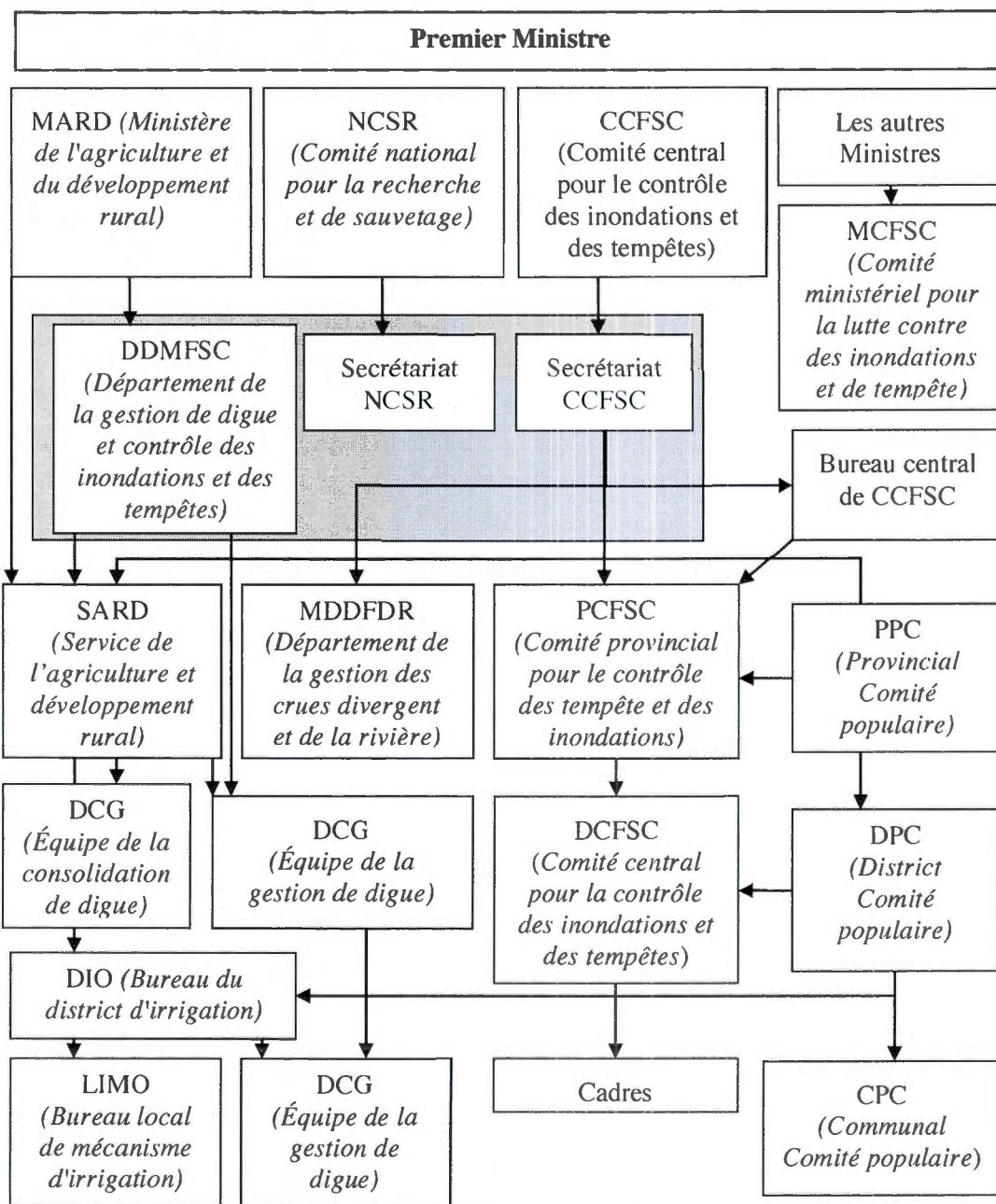
d'inondation a fait l'objet de nombreuses études. FAO-CIFOR a notamment conclu que les forêts tropicales protègent les gens contre les inondations extrêmes et que le reboisement réduit le risque d'inondation (FAO-CIFOR 2005). Bradshaw et ses collaborateurs ont souligné l'accroissement de la fréquence, de la durée et des dégâts des inondations les plus extrêmes entre 1990-2000 dans les régions tropicales (Bradshaw, Sodhi et al. 2007). D'autre part, une étude menée dans le bassin versant de la rivière Song Da, au nord-ouest du Vietnam, a souligné le rôle de la forêt sur les inondations. Cette étude hydrologique, menée sur une période de 43 ans (1953-1995), a démontré les effets du reboisement sur l'hydrogramme des débits et son point culminant. Lorsque la superficie forestière a été réduite à 20%, le débit de crue de s'est accru de 12%, et lorsque la superficie forestière a été augmenté 10%, le débit d'inondation a diminué 20% (Pham and Vu 2004). Il semble donc bien que la forêt soit la meilleure option pour minimiser le ruissellement et l'érosion. L'hydrogramme a aussi souligné les augmentations plus rapides de l'écoulement direct associées à la réduction du temps de décharge. Le rôle de la forêt sur la réduction des inondations peut donc être maintenu par le reboisement de terrains perturbés (Pham and Vu 2004).

La dégradation des forêts en amont a aussi pour conséquence de réduire la qualité de l'eau dans les zones en aval, causant les dommages à la végétation dans les bassins versants. Cela se traduit par une réduction de la productivité agricole en aval (Gujja 2001). Dans les zones côtières du Vietnam, ce sont surtout les mangroves qui subissent les plus graves menaces, du fait du développement d'activités agricoles à des fins d'exportation telles que celles mentionnées précédemment. La dégradation de ces forêts de mangrove réduit de manière significative leurs fonctions de protection, telles que la stabilisation de la berge et la protection contre les tempêtes, provoquant ainsi l'augmentation des risques d'inondation et de tempête (Tran and Shaw 2007b).

1.2.5 Manque de coopération: intervenants multiples et intérêts divergents

Dans le contexte de la protection de l'environnement pour un développement durable, le rôle de la coopération régionale et nationale dans le contrôle des inondations et de la gestion des eaux devient un facteur fondamental pour la réduction des risques des catastrophes naturelles

(Geheb and Gichuki 2003). Au Vietnam, le lien entre l'environnement et les catastrophes naturelles a été reconnu comme base d'une stratégie nationale de prévention, de contrôle et d'atténuation des catastrophes naturelles (CCFSC 2006). Cependant, on peut constater l'écart considérable entre les politiques et les actions de suivi à cause du manque de coopération entre les organisations provenant de nations différentes, entre ces organisations et les autorités régionales ainsi qu'avec les populations locales pour la gestion des inondations (Tran and Shaw 2007b). La recherche scientifique et le partage des données concernant la gestion des inondations dans ces organisations gouvernementales sont très limités en raison des obstacles juridiques et institutionnels (Nguyen 1996). Bien que la définition du rôle respectif des nombreuses organisations puisse contribuer à une meilleure compréhension des processus et des problèmes d'inondation, la coordination et la communication sont hélas souvent insuffisantes, et les chevauchements des responsabilités et des tâches sont encore trop souvent présents (Nguyen 1996). Par exemple, plusieurs projets portant sur la cartographie des inondations pour le centre au Vietnam ont été réalisés par des organisations différentes, sans que des contacts ne se soient établis entre elles (DMU 2002).



Source : Site-web officiel du CCFSC (traduction par l'auteur)

Figure 1.3 Complexité du système de gestion des catastrophes

L'expérience a de plus démontré que pour que de tels projets soient efficaces, la participation des populations locales doit être effective et soutenue afin d'analyser ce qu'elles considèrent

comme conditions dangereuses, leur vulnérabilité et leurs capacités (Shaw 2006a). Le manque de participation des communautés dans les recherches sur les catastrophes telles que les inondations est donc un écueil majeur en terme d'efficacité. Les projets portant sur les inondations au Vietnam sont encore considérés relevant du seul domaine scientifique. De plus, ils ne comprennent pas les facteurs humains. Donc, les résultats qu'ils permettent d'obtenir sont partiels et peu utilisables pour les communautés ni même pour les autorités en vue de prendre d'éventuelles décisions en matière de participation publique. Pourtant, la collecte des informations sur les inondations avec la participation de la population locale au Vietnam représente un grand atout (en même temps qu'un défi) car elle illustre leur perception des limites des activités des autorités locales. C'est pourquoi, les organisations à but non-lucratif, telles que l'association des agriculteurs, l'association des femmes, l'association des pêcheurs, l'association des jeunes, etc.) jouent un rôle important dans la mobilisation en vue d'assurer le soutien de la communauté aux processus de gestion des inondations avant, et pendant une inondation mais aussi les phases de reconstruction (Shaw 2006b).

1.3 Pour une gestion durable des inondations : Question de recherche

Au Vietnam comme ailleurs, la protection contre les inondations a traditionnellement été menée en donnant la priorité à la méthode physique, notamment la construction de digues et de barrages ou le dragage des lits de rivière. Les barrages sont conçus pour réduire la fréquence des crues et l'intrusion d'eau salée tout en visant à assurer un approvisionnement suffisant en eau douce au cours de la période de sécheresse, sans oublier le précieux potentiel que représente l'énergie hydroélectrique (Tran, Marincioni et al. 2007a). Toutefois, on assiste aujourd'hui à un changement de perspective dans les efforts de gestion des inondations. On voit par exemple que les directives européennes démontrent un changement d'attitude dans le développement d'un bassin et la gestion des eaux pluviales, privilégiant à présent des procédures n'impliquant pas des interventions physiques sur la nature. Cette nouvelle approche est reconnue comme apportant de meilleurs résultats pour la gestion des inondations, non seulement en raison de ses avantages sur l'atténuation des inondations, mais aussi en raison de ses avantages environnementaux, sociaux et économiques. Cette approche

fait la promotion de solutions non-physiques en vue d'une gestion durable des inondations (Baker and Elso 2006; Werritty 2006).

Dans le passé, la gestion des inondations se faisait différemment, axée qu'elle était principalement sur les aspects de sécurité économique et humaine. Cela a conduit à des approches non durables qui ont ralenti le développement social, culturel et ont favorisé les dégradations environnementales de nos sociétés (Ledoux, Cornell et al. 2004). Théoriquement, il pourra toujours y avoir une solution technique visant la gestion durable, mais dans bien des cas, une telle approche créerait surtout des conflits entre les bénéfices économiques (à court terme) et la protection environnementale et sociale (Ledoux, Cornell et al. 2004). La gestion des inondations, pour être vraiment durable, doit prendre en considération le risque à travers une large gamme de dimensions complexes et intégrées (y compris les considérations humaines, sociales, économiques et environnementales) pour la protection de la population et de l'environnement, ainsi que les bénéfices économiques (à long terme) le tout d'une manière équitable et durable. (Mileti 1999; Lang 2001).

L'impact des catastrophes sur une société dépend du développement économique de chaque pays. Pour les pays dont l'économie est plus faible, les impacts sont plus graves (Werritty 2006). Ceci est clairement visible dans un pays comme le Vietnam, marqué par une évidente faiblesse de l'économie. En parallèle, le faible niveau de développement économique, aggrave l'impact négatif des pertes dues aux inondations en cas de catastrophe. Ceci est une conséquence directe des faiblesses du système de gestion des catastrophes et du manque d'argent consacré à la recherche sur les inondations. Le lien entre les décideurs, les chercheurs et la population locale ne peut pas être efficace si le cadre et l'application des mécanismes de gestion des catastrophes sont ignorés (Werritty 2006).

Une réunion d'experts dans le domaine des applications des techniques spatiales à la gestion durable des catastrophes s'est tenue à Chiang Mai, en Thaïlande, du 25 au 28 Juillet 2005, et à cette occasion les experts ont examiné le rapport d'étude sur les intérêts et les engagements des nombreux gouvernements et des compagnies privées face à ce défi. Il en est ressorti qu'une étape qui pourrait être entreprise afin d'appliquer le cadre proposé serait de renforcer les capacités nationales d'évaluation des risques par la mise en place régionale et à travers les

réseaux sous-régionaux pour l'évaluation des risques (CESAP 1992a). Par conséquent, la recherche sur l'évaluation des risques d'inondation, intégrant l'interaction des inondations et des facteurs environnementaux et socio-économiques, doit être envisagée pour la planification du développement durable (CESAP 1992a). Il est nécessaire pour les décideurs d'adopter des approches globales en vue de la gestion des catastrophes que sont les inondations (McEntire, Fuller et al. 2002).

En somme, comment assurer la gestion durable des inondations compte tenu des contextes socio-économiques et environnementaux variables ? Les solutions à cette question semblent *a priori* incompatibles à long terme. Pourtant, une gestion adéquate de l'inondation ne doit-elle pas diminuer les risques d'inondation en favorisant à la fois les bénéfices économiques à court terme des communautés et la protection de l'environnement à long terme ? Pour répondre cette question, on doit premièrement indiquer que la pression de croissance économique change le comportement et favorise les utilisations inconséquentes des ressources. Les risques d'inondation sont en effet évidemment reliés aux facteurs physiques tels que la durée, la profondeur, le débit de courant, etc. mais ils sont aussi justement étroitement reliés à ces utilisations inconséquentes des ressources. De nouvelles approches pourtant sur l'évaluation du risque d'inondation permettraient-elles de fournir des données sur les inondations utiles aux autorités régionales afin de planifier des stratégies adéquates de réduction des dommages causés par ce type de catastrophe. Il semble par ailleurs évident que l'adhésion, la volonté et la participation des populations concernées et de leurs autorités locales sont des conditions indispensables pour définir les facteurs fondamentaux du processus d'analyse des risques d'inondation.

1.4 Objectifs de la recherche

1.4.1. Objectifs généraux

Le premier objectif de notre recherche est de développer un modèle d'évaluation des risques d'inondation via l'intégration des caractéristiques de l'aléa d'inondation et de vulnérabilité pour la région d'étude. La deuxième composante est en fait la combinaison de trois types de vulnérabilité : 1) celui de la communauté à l'inondation, basé sur l'évaluation des caractéristiques socio-économiques des communes inondées, 2) celui des dommages prévus

basé sur les types d'occupation du sol et 3) celui des impacts potentiels des inondations sur l'environnement. Cette première partie du travail sera alimentée et renforcée par la participation des représentants de la communauté non seulement dans la collecte de données sur le terrain, mais aussi pour l'identification et l'évaluation des impacts.

Le second objectif vise à proposer un mode de gestion durable d'inondation afin de fournir aux autorités des informations et des données complètes et crédibles en vue de l'élaboration d'une stratégie de réduction des impacts d'inondation.

1.4.2. Objectifs spécifiques

- 1) Étudier des modèles d'évaluation des risques d'inondation dans le but de les améliorer et de proposer une méthode de synthèse qui mettra en relief les zones les plus à risques. Cette étape sera menée à bien en intégrant les caractéristiques de l'aléa d'inondation et la vulnérabilité. Elle sera soutenue par la collecte de données menée auprès des communautés locales, et le traitement des données statistiques, géographiques et satellitaires, de même que par l'utilisation de SIG;
- 2) Évaluer la sensibilité de la communauté à l'inondation par l'étude d'impacts des inondations sur l'environnement et la socio-économie par le biais d'une analyse des conditions socio-économiques et des caractéristiques physiques de l'aléa d'inondation afin d'évaluer le degré de vulnérabilité face à l'inondation via la combinaison de tous les facteurs;
- 3) Analyser la documentation portant sur les stratégies de réduction des dommages d'inondation et de développement socio-économique pour indiquer les rôles de l'évaluation des risques d'inondation dans le plan de gestion durable des inondations.

1.5 Structure de la thèse

La thèse se divise en trois grandes parties : 1- Problèmes d'inondation et défis de la gestion (chapitres I et II); 2- Évaluation et cartographie des risques d'inondation (chapitres III, IV et V); 3- Approche de la gestion durable des inondations (chapitre VI, conclusions et recommandations).

La première partie expose le contexte général. Au cours du premier chapitre, après un aperçu des problèmes d'inondation, l'histoire des risques d'inondation ainsi que les limites et les défis de recherche des risques d'inondation, les hypothèses et les objectifs en matière de gestion durable des risques d'inondation sont énoncés, afin de justifier l'originalité de cette étude. Le second chapitre présente les fondements théoriques des méthodes d'évaluation des risques d'inondation. Une revue de la littérature des modèles d'études d'inondation utilisés y est présentée. Elle servira d'assise pour la conceptualisation et l'application d'un modèle considéré comme le plus représentatif de la réalité vietnamienne.

Dans la seconde partie de la recherche, le troisième chapitre consiste en une présentation générale du bassin versant de la rivière Huong et de la province de Thua-Thien-Hue : ses limites géographiques, ses divisions administratives, ses voies de communication, sa population et sa production agricole. Puis vient l'application de la méthodologie d'évaluation des risques d'inondation dans le chapitre 4. Les principaux facteurs qui influencent les inondations y sont déterminés. Ensuite, ces facteurs sont combinés dans une analyse multicritère d'évaluation des vulnérabilités pour évaluer les risques d'inondation de la zone d'étude. Le cinquième chapitre de la thèse présente les résultats et la validation des résultats obtenus.

La troisième partie (chapitre 6) est consacrée à la présentation et à l'analyse d'une solution de gestion durable des inondations en termes de stratégie et de politiques nationale et régionale en vue de la réduction des risques d'inondation. Dans ce chapitre, les rapports d'évaluation des risques d'inondation sont présentés afin recommander des solutions spécifiques aux problèmes d'inondation de la région à l'étude. Viennent enfin la conclusion et les recommandations issues de l'approche de gestion durable dans l'optique de la soumission d'une proposition de scénarios viables aux autorités régionales.

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE

2.1 Risque et risque d'inondation

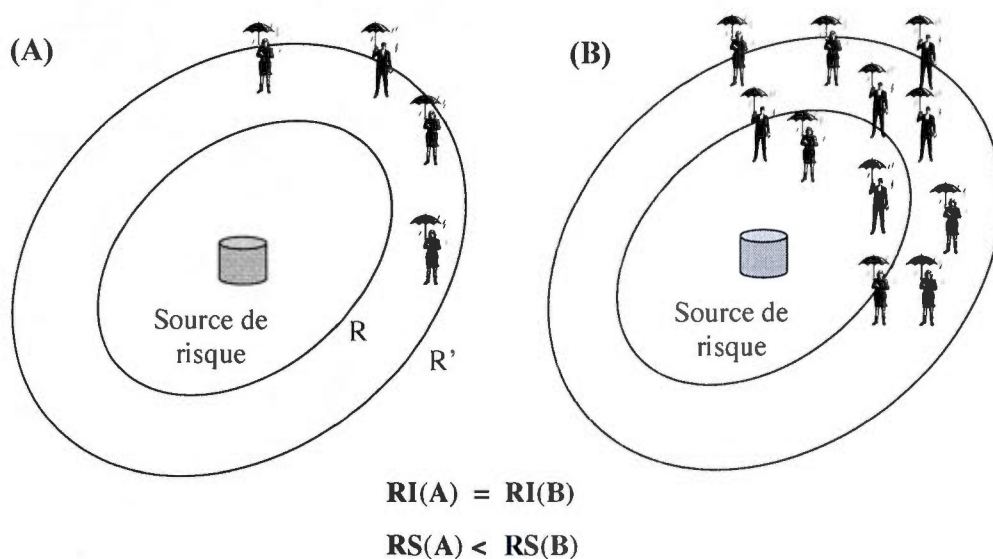
Le concept de risque d'inondation est souvent employé dans des sens fort différents et il semble qu'il n'y ait pas de consensus concernant son utilisation. La définition des risques d'inondation peut être envisagée selon deux points de vue : hydrologique ou géographique. Dans le premier cas, on parle met l'accent sur les zones inondables, identifiées à l'aide de modèles hydrauliques, et qui sont les lieux où les crues des rivières risquent d'avoir lieu. Actuellement, on comprend mieux comment les rivières débordent et où elles vont déborder, les scientifiques parviennent à estimer ces zones en se basant sur les modèles hydrauliques. Ils raisonnent maintenant à une échelle spatiale prenant tout le bassin versant en compte (CEMAGREF 1993).

Dans le second cas, on utilise la combinaison des conditions géographiques et des facteurs environnementaux et socio-économiques pour déterminer les zones à forte probabilité de dommages. Les mesures de risque sont donc classées en fonction des conséquences considérées (Jonkman, Gelder et al. 2003):

- Les risques individuels ;
- Les risques sociaux (pour les sociétés).

Compte tenu des différences de points de vue, on adopte une notation des risques individuels telle que celle définie par le HSE (*UK's Health and Safety Executive*). Selon cet organisme, le risque individuel, c'est celui auquel l'utilisateur typique d'un développement est exposé à un niveau dangereux d'une substance toxique, de chaleur ou de souffle de surpression. Un tel risque est considéré comme un évènement (aléa) catastrophique.

Selon S.N. Jonkman entre autres, les risques sociaux sont considérés comme la relation entre la fréquence d'une source de risque et le nombre de personnes exposées à un certain niveau de dommage. Alors que le risque individuel donne la probabilité de mourir en un certain lieu, le risque social donne une valeur pour toute la région, peu importe où le dommage se produit précisément (Figure 1.4) (Jonkman, Gelder et al. 2003).



Source : S.N. Jonkman et al. (2003)

Figure 2.1 Différence entre risque individuel (RI) et risque social (RS)

Les définitions générales sont toujours associées à un type de risque social parce qu'un évènement (l'aléa) n'est potentiellement dangereux que s'il frappe une zone où des enjeux humains, économiques ou environnementaux sont présents.

« Un risque (notion de risk en anglais) est la probabilité de l'apparition d'évènements nuisibles ou de pertes prévisibles (morts, blessés, biens, moyens d'existence, rupture de l'activité économique, dommages à l'environnement) suite à des interactions entre aléas naturels ou anthropiques et conditions vulnérables... »

Vulnérabilité - 'vulnerability': Ensemble de conditions et de processus résultant de facteurs matériels, sociaux, économiques et environnementaux qui accentuent la sensibilité d'une communauté à l'impact des aléas » (ISDR 2004)

Le lien entre ces deux éléments s'établit ainsi selon Dauphiné (2001)

« Le risque est une notion composite. Il est fonction d'un aléa et d'une vulnérabilité, est exprimée conventionnellement par la formule suivante: Risque = F (Vulnérabilité, Aléas) » (Dauphiné 2001)

Le rôle des systèmes sociaux dans la résilience des communautés et des systèmes de gestion pourrait modifier les caractéristiques de danger et réduire la vulnérabilité grâce à des interventions systématiques. Par conséquent, la capacité des systèmes de la société pourrait servir de dénominateur dans l'équation des risques de catastrophe afin de déterminer les niveaux de risque (ADPC 2003).

$$\text{Risque}_{\text{catastrophe}} = \frac{\text{Aléa}_{\text{catastrophe}} + \text{Vulnérabilité}}{\text{Capacité}} \quad (2.1)$$

Selon l'ADPC, la FAO (2003), le BPIEPC-Canada (2001), Kuban et d'autres auteurs (2001), la définition des termes et du cadre conceptuel adoptés sont:

Risques naturels: probabilité potentielle d'apparition de phénomènes naturels dans une zone, et qui provoqueront des perturbations ou des dommages aux infrastructures et aux services, à l'humanité et leur environnement.

Vulnérabilité: faiblesse des protections (*US National Institute of Standards and Technology*). Autrement dit, la vulnérabilité est une perception de l'insuffisance des capacités de défense contre les blessures, les dommages à cause d'une menace ou un danger. Le concept de vulnérabilité est utilisé pour comprendre comment les systèmes sociaux gèrent des risques d'une catastrophe.

Risques de catastrophe: probabilité que des conséquences négatives surviennent lorsqu'il y a interaction entre des zones vulnérables, des personnes et l'environnement.

Capacité: politiques et systèmes institutionnels mis en œuvre aux niveaux national, provincial, local et des ménages afin de réduire les dangers potentiels ou la vulnérabilité. Les ressources et les compétences existantes peuvent être développées, mobilisées et utilisées pour leur permettre d'avoir plus de contrôle sur leurs propositions futures pour faire face aux risques de catastrophe.

Comme mentionné précédemment, l'inondation est un type de catastrophe qui cause des dommages graves. À l'exception de phénomènes rares de rupture de digues ou de barrages, une inondation est toujours le résultat de précipitations intenses (Blazkova and Beven 2004). Selon la nature du processus qui la provoque (origine, dynamique temporelle et spatiale), il est classique de distinguer trois grands types d'inondation, qui, dans la réalité, se retrouvent souvent combinés.

Le **risque fluvial** étant le résultat de débordements exceptionnels de cours d'eau en zone de plaine, généralement caractérisés par des montées lentes des eaux et des vitesses d'écoulement modérées sur des surfaces de faible pente. Les zones exposées sont généralement de vastes secteurs où l'homme s'est implanté depuis longtemps (Damle and Yalcin 2006).

Le **risque torrentiel** étant le résultat de débordements exceptionnels de cours d'eau de montagne, généralement caractérisés par des montées rapides des eaux et des vitesses d'écoulement élevées sur des surfaces de forte pente. Les zones exposées sont souvent limitées mais la violence et la rapidité du phénomène le rendent particulièrement dangereux (Hübl and Steinwendtner 2001).

Le **risque d'origine pluviale** étant le résultat d'un processus de ruissèlement suite à des pluies exceptionnelles ou d'orages violents, quand la capacité d'infiltration ou d'évacuation des sols ou des réseaux de drainage devient insuffisante (MEDD 2003).

Comme nous l'avons vu dans la partie consacrée à la complexité du mécanisme d'inondation, on retrouve dans notre zone d'étude chacun de ces trois types d'inondation.

D'un point de vue géographique, nous utilisons ici la définition des risques sociaux. Cependant, les facteurs concernant ce type de risques seront plus détaillés ultérieurement. En faisant la synthèse des définitions existantes, on peut considérer les risques d'inondation comme la probabilité de dommages correspondant à la conjonction de deux phénomènes : l'aléa et la vulnérabilité. L'aléa est constitué des caractéristiques de l'inondation elle-même, soit son ampleur, sa profondeur, sa durée... La vulnérabilité est définie par la sensibilité de la communauté aux effets négatifs des inondations (vulnérabilité socio), les dommages potentiels et les impacts des inondations sur l'environnement. Le risque est une mesure de la probabilité d'effets négatifs sur la santé, la propriété et la société (Smith 2004). Ainsi, le risque est moins important si ce sont des terres non habitées qui sont inondées, alors qu'il sera élevé si l'inondation se produit dans des zones peuplées, en ville, par exemple. La vulnérabilité est alors comprise comme les dommages associés à l'occupation du sol et à l'usage que l'on en fait. La partie activité humaine est implicite, mais elle est soulignée par Renn (1992) qui définit le risque comme étant « *la possibilité qu'un état indésirable de la réalité (effets défavorables) puisse se produire à la suite d'évènements naturels ou d'activités humaines* ». Il indique clairement que « *les peuples peuvent et doivent établir des liens de causalité entre les évènements et de leurs effets, et que les effets indésirables peuvent être évités ou atténués si les évènements de causalité ou d'actions sont évités ou modifiés* » (Renn 1992). Cependant, concernant les effets des inondations, on ne doit pas oublier qu'ils ont aussi parfois certains aspects bénéfiques. En effet, les limons fertilisent les sols notamment dans certaines régions agricoles riveraines de grands fleuves, comme dans la vallée du Nil par exemple. Donc, et quel que soit le risque, l'âpreté de la lutte pour la vie fait que – comme pour les terrains envahis par les laves volcaniques – les agriculteurs réoccupent immédiatement les sols après les inondations catastrophiques (Gout 1993). La figure 2.2 résume les rapports de cause à effet entre les différents aspects

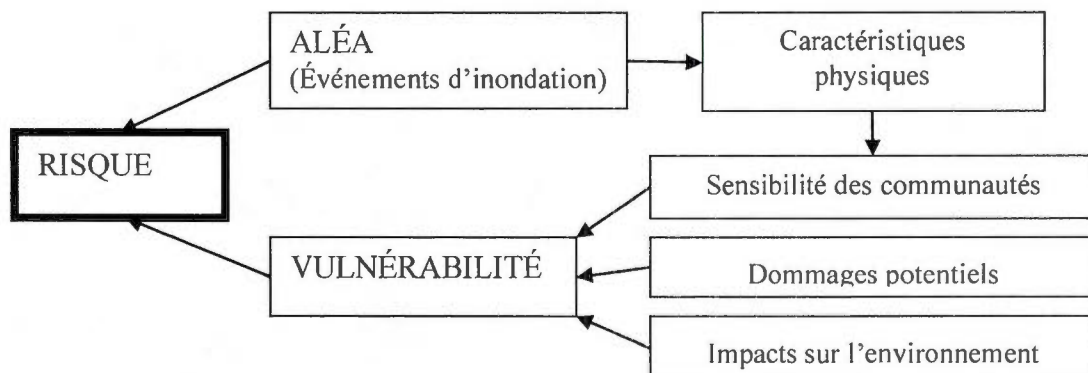


Figure 2.2 La définition du risque d'inondation

Concernant le terme d'environnement, les définitions sont nombreuses et relèvent de plusieurs sciences connexes :

L'«environnement» désigne les composantes de la Terre, et comprend:

(a) des terres, l'eau et l'air, y compris toutes les couches de l'atmosphère,

(b) toutes les matières organiques et inorganiques, et

(c) les systèmes naturels en interaction qui comprennent les éléments visés aux paragraphes (a) et (b);

(Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, codification administrative, nov. 2003)

« L'environnement comprend de manière étroitement liée les facteurs naturels et les facteurs de matières synthétiques ou artificielles qui affectent la vie, la production, l'existence et le développement de l'homme et de la Nature » (article 1 de la loi sur la protection de l'environnement du Vietnam, 1993).

L'utilisation du terme « *environnement* » renvoie donc dans son sens le plus large à toutes les ressources naturelles et à toutes les activités humaines. Il y a donc inévitablement chevauchement avec d'autres domaines de recherche sur la sphère socio-économique. La définition de ces termes est essentielle. Elle nous permettra d'éviter d'analyser les aléas dans un sens trop large et sans signification, ou de nous confiner dans une acceptation étroite, qui

ne capterait pas la pleine réalité des pratiques. Le terme « *environnement* » dans notre étude va être analysé plus en détail dans la partie méthodologique.

2.2 Synthèse des recherches réalisées dans le monde et au Vietnam

2.2.1 Synthèse des modèles de risque individuel (aléa) d'inondation

Depuis la fin des années 1990, de nombreuses études ont été menées un peu partout dans le monde, afin d'en arriver à des solutions adéquates aux problèmes de gestion des inondations. La revue de littérature sur les recherches d'évaluation d'inondation est synthétisée dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Synthèse des recherches sur le risque individuel d'inondation

Approche	Méthode	Avantage	Limite
Historique	Observation de crues récentes ou anciennes et description par les textes ou schémas	Valorisation d'archives : reconstruction d'une chronologie des crues sur un secteur géographique (Benito, Ouarda et al. 2005)	Disponibilité (quantité et répartition spatiale) Données d'entrée de calage ou de validation
Modèles déterministes (ou modèles stochastiques)	Équations représentant les lois physiques et chimiques (coefficients de rugosité des canaux dans les modèles d'écoulement à surface libre par exemple)	Simulation de l'écoulement du réseau hydraulique (Terrell and Chaweng 1993)	Seulement pour étude à grande échelle
Modèles conceptuels (ou modèles de comportement)	Calculent le débit sortant à partir du débit entrant et vice versa avec une équation de continuité.	Pour les systèmes complexes et hétérogènes dont on ne peut pas, en pratique, connaître toutes leurs caractéristiques physiques et/ou quand les modèles déterministes seraient trop lourds (Perrin, Jeannin et al. 2003)	Empiriquement permet de schématiser de façon simplifiée la réalité. Demande une nombre de données complètes

Approche	Méthode	Avantage	Limite
Modèles empiriques	Établissement des relations directes entre les variables d'entrée et de sortie (souvent par corrélation statistique) de mécanismes internes du système en se basant sur des lois physiques (conservation de la masse, de l'énergie, de la quantité de mouvement)	Simplification de la représentation, le modèle devient une nature intermédiaire et est alors qualifié de conceptuel (Morel, Fahmy et al. 1993)	Demande des connaissances fondamentales des mécanismes internes et aussi de la structure physique du système. Imparfaite ou très compliquée à mettre en œuvre
Modèles distribués (modèle hydrologique et hydraulique)	Simulation des variables de sortie du système (débit sortant des systèmes hydrauliques par exemple) avec les variables décrivant l'évolution spatiale et temporelle du système (évolution des débits et niveaux d'eau à certains endroits du système)	Réponse aux questions posées par la gestion des inondations : la durée, la hauteur et la vitesse du courant (Nguyen-t 1999; Wilson, Bates et al. 2002; Ritzema, Le et al. 2007).	Le développement des modèles hydrauliques est de plus en plus complexe et intéressant grâce aux améliorations en terme de capacité informatique et de disponibilité de données physiques (Horritt and Bates 2002; Kane 2006) La validation nécessite l'utilisation d'un grand nombre de données (Kane 2006)
Télédétection et SIG	Traitement des images avec les données géographiques	Précision des inondations en temps réel. Détermination indirecte de quelques variables comme le niveau d'eau ou le débit (Smith, Isacks et al. 1995; Brakenridge, Tracy et al. 1998; Puech and Raclot 2002)	Nombre insuffisant ou coût élevé des données satellitaires.

En général, les approches et les modèles d'estimation des risques d'inondation sont également considérés comme essentiels pour développer des aides à la gestion des dommages dus aux inondations, notamment dans la détermination d'inondations potentielles des zones à risque.

En conséquence, pour la majorité des risques d'inondation, les recherches ont toujours été axées sur les paramètres physiques de l'aléa inondation, en s'inspirant fortement de la modélisation hydrologique et hydraulique. Nous n'avons recensé qu'une étude qui soit principalement centrée sur la vulnérabilité des personnes exposées aux inondations ou à des événements météorologiques extrêmes. La relation entre les dommages d'inondation, la vulnérabilité et les perceptions n'est que rarement étudiée dans la littérature (Schanze, Zeman et al. 2006). De plus, l'évaluation des risques d'inondation associée aux vulnérabilités varie beaucoup selon les conditions physiques, économiques et politiques de chaque pays ou région géographique (Blaikie, Cannon et al. 1994). Il est nécessaire de faire des recherches sur les exemples d'analyse globale des phénomènes en identifiant les facteurs ayant pu contribuer à aggraver l'ampleur des inondations et leurs conséquences et en évaluant les dispositifs de protection et de prévention existants et également de soumettre des propositions quant aux améliorations à apporter dans les différents domaines de la prévention et de la protection pour réduire à l'avenir les risques pour les personnes et les dommages résultant de ce type de catastrophe dans la région étudiée (Baker and Elso 2006).

Les mêmes situations de recherche sur les inondations, dans le cas du Vietnam, sont presque toutes liées aux risques d'inondation en se concentrant sur la prévention des crues basée sur la modélisation hydraulique de données hydrométéorologiques. Les recherches sur les inondations, telles qu'elles sont définies dans l'étude « L'état des recherches contre les inondations dans sept provinces du Centre », réalisée par le PNUD VIE/97/002 (projet DMU 2004), sont présentées au tableau 2.2.

Tableau 2.2 État des études d'inondation pour les provinces centrales du Vietnam

Organisme impliqué	Province	Basin versant	Méthode	Résultats
Centre de recherches hydrologiques (HRC)	Quang Nam	Province	Modèle hydraulique	Cartographie des zones inondables avec des périodes de retour des crues:
		En aval des rivières Vu Gia et Tam Ky		
	Da Nang	Toute la Province		
		En aval des rivières Han et Cu De		
	T T Hue	Toute la Province		

Organisme impliqué	Province	Basin versant	Méthode	Résultats
Institut de météorologie et d'hydrologie (IMH)	Quang Ngai	En aval des rivières		- 100 ans (1%)
		Huong et Bo		- 20 ans (5%)
		Toute la Province		- 2 ans (50%)
		En aval des rivières Tra Bong, Tra Khuc et Ve		
Service hydro-météorologique du Vietnam (HMS)	Binh Dinh	Toute la Province		
		En aval des rivières Kon et Ha Thanh		

Source: UNDP Project VIE/97/002 – Disaster Management Unit (DMU)

Le lien entre les inondations et les milieux environnementaux et socio-économiques n'est mentionné que dans quelques projets financés par des ONG internationales. Par exemple, on peut citer le projet de reconstruction de la province de Thua-Thien-Hue mis en œuvre par le CECI, le programme de réhabilitation des maisons résistant en cas de catastrophe par la Fédération internationale des organismes de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (FICR); et le programme post-logement en cas de catastrophe mis en œuvre par les Services catholiques de secours. Seuls deux autres projets ont partiellement mis l'accent sur l'atténuation des effets engendrés par les catastrophes, notamment « Le renforcement des capacités d'adaptation aux changements climatiques au centre du Vietnam », financé par l'Agence canadienne de développement international (2002-2005), et actuellement « Le renforcement de la sécurité humaine pour l'environnement et la gestion des catastrophes », financé par la Banque asiatique de développement (ADB) (2005-2006). Ces projets ont bien pris en compte les liens entre les catastrophes, la subsistance et l'environnement (Tran and Shaw 2007b). Cependant, ils ne se consacrent pas entièrement aux effets des inondations sur l'environnement et sur les secteurs socio-économiques dans toute une province ou dans un bassin versant. Par conséquent, ils ne peuvent pas être considérés comme des sources de renseignements valables pour aider à la prise de décision dans la gestion des catastrophes et la planification économique.

2.2.2 Synthèse des modèles d'évaluation des risques sociaux d'inondation

Il existe beaucoup de modèles pour l'évaluation des risques sociaux. Les quelques modèles suivants peuvent être considérés comme clés pour l'évaluation des risques car ils offrent une large perspective par rapport à l'environnement opérationnel de la collectivité, aux infrastructures ainsi qu'à la sphère socio-économique (voir les descriptions détaillées des modèles dans l'appendice A) :

Modèle EPC : il aborde de manière détaillée l'évaluation des risques de catastrophe en temps de paix (*Emergency Preparedness Canada*, 1992). Cependant, il lui manque l'intégration de données spatiales et des données statistiques.

Modèle de la FEMA (*Federal Emergency Management Agency*), agence du gouvernement américain pour l'atténuation des catastrophes, la préparation, l'intervention et le rétablissement de la planification. Le modèle d'évaluation des risques de la FEMA est basé sur quatre critères (histoire de l'événement, vulnérabilité des personnes, degré maximal de la menace et probabilité d'apparition), qui permettent ensuite d'attribuer trois niveaux de risque : haut, moyen et bas. Le modèle demande aux planificateurs d'envisager seulement les critères de population, mais n'inclut pas les critères environnementaux ni économiques.

Modèle APELL (*Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level*). Il est basé sur le « *Swedish Rescue Services Board Handbook* » en 1989, développé par la suite par l'UNEP (*United Nations Environment Programme Industry and Environment Program Activity Centre*) en 1991. Il vise principalement à réduire les accidents technologiques et l'amélioration de la planification d'urgence dans ce genre de situation (Peace 2000):

Modèle SMUG. La plupart des Groupes CDEM (*Civil Defence Emergency Management*) de Nouvelle-Zélande utilisent la technique d'analyse de risque SMUG (*Seriousness, Manageability, Urgency, and Growth*), ou adaptent le modèle pour répondre à leurs objectifs proposés (Cunningham 2006). Le modèle SMUG fournit une méthode pour hiérarchiser les plus grands risques. Cette approche permet de dégager un consensus concernant l'importance de chaque risque par les intervenants clés. Les facteurs environnementaux et économiques ne sont pas intégrés dans ce modèle.

Modèle UNDRO (*United Nationals Disaster Relief Co-ordinator*). Il se limite aux risques naturels (divisés en évènements hydrologiques et géologiques) et ne comprend qu'un seul risque technologique (par exemple, la pollution à partir des dommages causés par les installations industrielles) (UNDRO 1991).

Modèle HIRV (*Hazard Impact Risk Vulnerability*). Il a été développé par Laurie Pearce (2000) dans le cadre de sa thèse de doctorat. C'est un outil conçu pour les communautés locales ou des gouvernements régionaux, reposant sur les connaissances des communautés locales et complété par des experts. L'idée est novatrice et pertinente mais la répartition des risques n'est pas abordée dans la thèse en question.

Modèle NOAA : Ce modèle est développé par l'agence gouvernementale américaine NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Il encourage l'utilisation des SIG et prévoit un processus en huit étapes pour l'analyse de trois composantes : l'aléa, le risque et la vulnérabilité pour les grandes communautés. Il est très proche de l'approche que nous avons adoptée dans la présente étude. Cependant, dans le cas où il est appliqué par un individu, le modèle devient très lourd à compléter pour une vaste zone d'étude (une province). Dans le contexte d'un pays en voie de développement, tel que Vietnam, la collecte de données détaillées pour une province est en effet un défi incontournable et souvent limitant. Il est donc nécessaire de réduire ou de généraliser les facteurs concernant les risques pour un type spécifique des catastrophes à savoir ici l'inondation.

En conclusion, tous les modèles que nous avons abordés visent l'évaluation des différents risques des catastrophes naturelles ou industrielles. Les démarches générales sont confrontées à une définition préalable et dépourvue d'ambiguïté de ce qu'est la notion de risques. Ces derniers sont toujours les résultats d'interactions entre les phénomènes catastrophiques (aléa) et les vulnérabilités, les impacts ou les dommages. La méthode d'intégration de ces facteurs est quantitative et implique l'établissement de scores ou pondérations. Le risque total est calculé par la synthèse de tous les scores (figure 2.3).

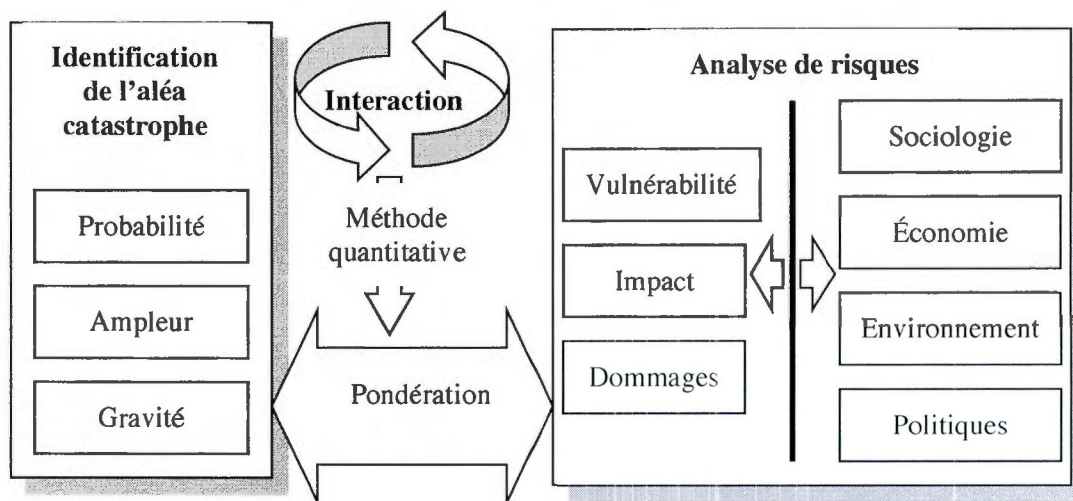


Figure 2.3 Synthèse des modèles d'évaluation des risques

A la lueur des modèles existants, notre étude affirme sa pertinence et son originalité en identifiant comme objectif principal de développer un modèle d'évaluation des risques pour un type spécifique de catastrophe naturelle, à savoir l'inondation, et ce dans le cadre particulier d'une région du Vietnam. Ce modèle s'appuie sur la synthèse de données statistiques, de données satellitaires mais aussi en complétant ces dernières à partir d'informations recueillies auprès des populations locales, intégrées ultérieurement dans le système d'information géographique. Le développement et les détails de ce modèle sont présentés dans le chapitre IV : Cadre méthodologique. Auparavant, nous présenterons le contexte géographique dans lequel cette recherche est menée.

CHAPITRE III

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Thua Thien Hue (Thừa Thiên-Huế en caractères vietnamiens) est une province située dans le centre du Vietnam, d'une superficie de 5054 km², et qui comptait en 2003 1 105 494 habitants (Statistical-Year-Book 2003). Elle est limitée au nord par la province de Quảng Trị, à l'est par la mer de Est, au sud par la municipalité de Đà Nẵng et la province de Quảng Nam, et à l'ouest par le Laos (provinces de Saravane et de Sékong).

La majorité de la population vit le long des berges des fleuves Huong ou Bo. L'activité agricole principale est la riziculture. La province a été rendue célèbre par l'ancienne capitale du Vietnam (de 1802 à 1945) : la ville de Hue, qui a été désignée "Patrimoine culturel de l'humanité" depuis le novembre 2003 par l'UNESCO³, et qui constitue aujourd'hui la destination touristique la plus importante de tout le centre du Vietnam.

³ UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

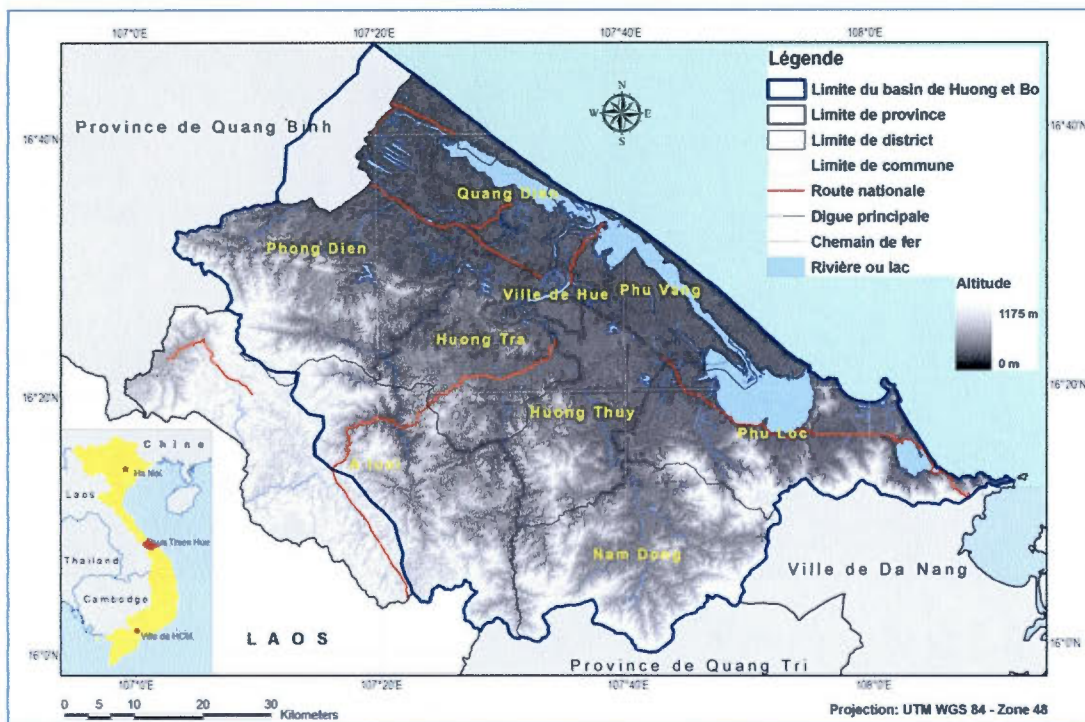


Figure 3.1 Localisation de la zone d'étude

La figure 3.1 illustre le bassin du fleuve Huong est connu comme étant la zone du centre du pays où il y a de graves dommages à cause des inondations. Jusqu'en 1999, les inondations catastrophiques dans sept provinces du centre du Vietnam avaient fait plus de 470 morts, dont 308 dans la seule province de Thua-Thien-Hue (HMS 1999).

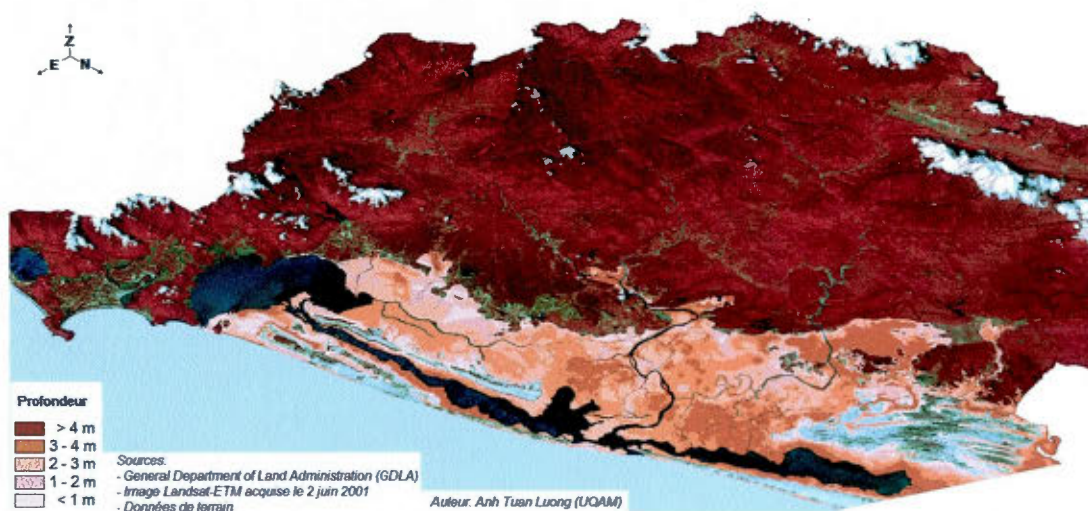


Figure 3.2 Vue en 3 dimensions de la province de Thua Thien Hue

3.1 Caractéristiques physiques

3.1.1 Topographie

La province de Thua Thien Hue a une topographie complexe, composée de quatre zones distinctes : une partie montagneuse, une zone de collines, des plaines et enfin des lagunes avec leurs cordons littoraux. Elle possède une frange littorale de 126 km de long.

Les montagnes, couvrant plus de 50% de la superficie totale, se situent à l'ouest et au sud-ouest et sont orientées nord - sud. Leur altitude varie de 500 à 1200 mètres.

Les collines, qui ont une altitude plus faible (de 20 à 200 mètres avec parfois des sommets atteignant 400 mètres), occupent 33% de la superficie et occupent la partie intermédiaire entre montagnes et plaines.

Les plaines s'étendent sur un dixième de la surface totale, à une altitude comprise entre 0 et 20 mètres. Elles se répartissent principalement autour des lagunes qui occupent les 5% restants de la surface de la province. (Atlas des lagunes de Thua-Thien-Hue, 2003).

On dénombre deux lagunes principales : Tam Giang-Cau Hai et Lang Co qui sont présentées en détail dans la partie suivante.

Ces quatre zones topographiques distinctes ont des relations étroites entre elles.

3.1.2 Hydrologie

3.1.2.1 Les rivières

La province est drainée par une multitude de rivières qui se déversent pour la plupart dans les lagunes. Les plus importantes sont la Rivière des Parfums (sông Hương), la rivière Bo (sông Bô) et la rivière Ong Lau (sông Ông Lâu). Les débits de ces rivières sont importants, notamment durant la saison des pluies, tandis que le débit d'étiage survient entre mars et août (Atlas des lagunes de Thừa Thiên-Huế, 2003). L'approvisionnement principal des rivières provient d'une zone de haute montagne du massif de Bach Ma, de 900 à 1 200 m d'altitude. De son origine au croisement de la rivière Tuan, le cours principal est appelé la Trach Ta et à partir de la rivière Tuan, il est appelé fleuve Huong (ou la Rivière des Parfums), en raison de son aspect romantique, entouré de la culture et du paysage naturel de l'ancienne capitale Hue. Le cours principal du fleuve Huong a une longueur de 104 km. Son système hydrographique, si on compte seulement les rivières de plus de 10 km, contient 5 rivières de classe I, 12 rivières de classe II, une de classe III et une de plus grande taille, la Dai Giang, d'une longueur de 27 km. Trois autres grands affluents sont identifiables: la rivière Ca Rum Ba Ram, sur la droite de la rivière principale, d'une longueur de 29 km, un bassin versant de 219 km², et sa confluence est située à 77 km de l'estuaire de la rivière principale. Deux autres rivières sont situées à gauche de la rivière principale: la rivière Huu Trach, d'une longueur de 50 km, un bassin versant de 729 km², et dont la confluence avec la Tuan se situe à une distance de 34 km de l'estuaire de la rivière principale; le fleuve Bo a pour sa part une longueur de 94 km, un bassin versant de 938 km² et son confluent avec la Sinh si situe à une distance de 9 km de l'estuaire de la rivière principale. La forme du fleuve Huong et ses grandes rivières est indiquée dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Caractéristiques du bassin du fleuve Huong

Nom	Niveau	Longueur (km)	Superficie (km ²)	Hauteur moyenne (m)	Largeur (km)	Densité (km/km ²)
Huong	principal	104	2830	330	44.6	0.6
Hai Nhut	I	15	75.3			
CaRum BaRan	I	29	219.3	458		0.58
Co Moc	I	18	88.3			
Huu Trach	I	51	729	326	14.6	0.64
Bo	I	94	938	384	12.7	0.64
Dai Giang	III	27				

3.1.2.2 Les deux lagunes

La lagune de Tam Giang-Cầu Hai est une des étendues d'eau saumâtre les plus importantes d'Asie du Sud-Est, avec une superficie de 21 600 ha (Brzeski V. et al, 2002 et Atlas des lagunes de Thua-Thien-Hue, 2003) et une longueur de 68 km le long de la mer, une largeur moyenne est de 2,2 km, et une profondeur de 1 à 5 m. Elle communique avec la mer par deux passes : Thuan An et Tu Hien (avant l'inondation historique de novembre 1999) et celle de Duan Hoa (après l'inondation historique de novembre 1999), mais ce nouvel accès a été bloqué complètement le 24 août 2000. Cette lagune reçoit de l'eau douce d'une multitude de rivières dont les plus importantes sont la rivière des Parfums (sông Hương), la rivière Bo, la rivière Ong Lau et la rivière Truoi. (Atlas des lagunes de Thua-Thien-Hue, 2003).

L'autre lagune, celle de Lang Co, située au sud, est beaucoup plus petite, avec une superficie de seulement 1500 ha (Atlas des lagunes de Thua-Thien-Hue, 2003). Elle reçoit de l'eau douce de petites rivières et communique avec la mer par la passe de Lang Co.

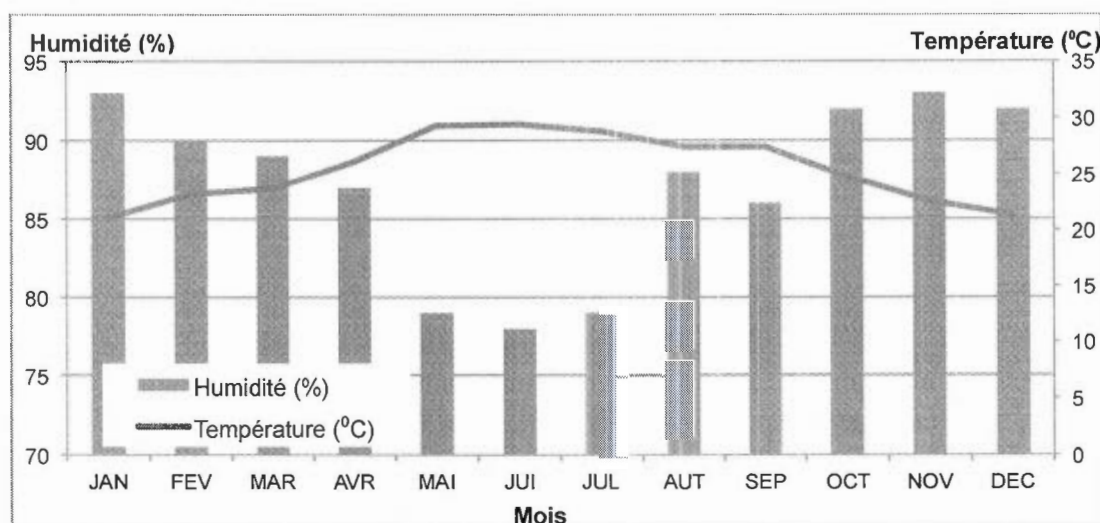
3.1.3 Température et humidité

Les températures sont élevées dans le bassin du fleuve Huong, avec des moyennes annuelles de 21 à 26° C. La température la plus élevée dans la ville de Hue est de 41,3° C en 1997. L'humidité relative est aussi plutôt importante, son taux moyen annuel atteignant régulièrement 84 à 85%. Dans les plaines et les collines, la température moyenne annuelle est

de 25°C, dans les montagnes, elle est de 21°C (Statcal-Year-Book 2003). Du point de vue thermique, l'année se divise en deux périodes distinctes :

Une période plus fraîche, de novembre à mars, avec des vents frais venant du nord-est. La température moyenne mensuelle la plus basse est enregistrée en janvier, avec 20°C. Les températures minimales peuvent descendre jusqu'à 12°C dans les plaines et l'humidité relative moyenne mensuelle est importante, entre 85 et 95% (Villegas 2004).

La période chaude s'étend d'avril à septembre, avec des températures moyennes mensuelles allant jusqu'à 29 °C en juillet et des mois enregistrant des pointes jusqu'à 41 °C. L'humidité relative est plus faible, et peut descendre parfois jusqu'à 50% (Villegas 2004).



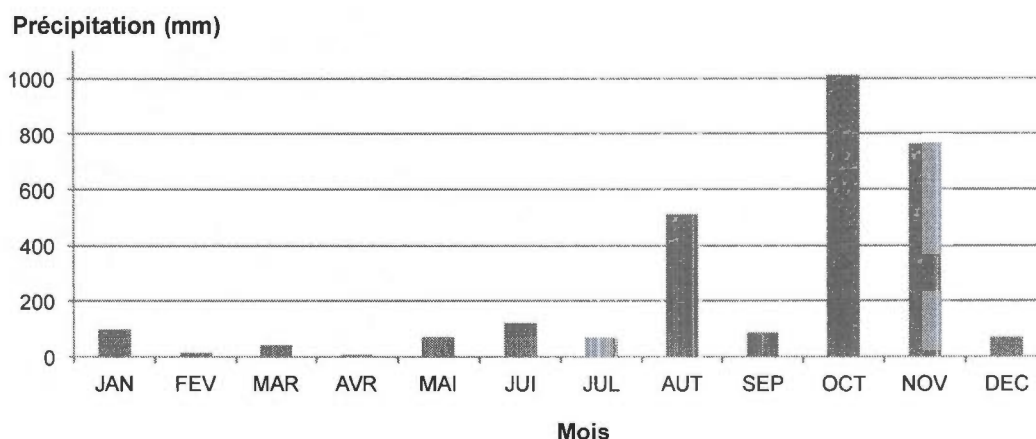
Source : GSO, 2010

Figure 3.3 Température et humidité mensuelles de la province de Thua Thien Hue

3.1.4 Précipitations

Les précipitations dans le bassin du fleuve Huong sont classées parmi les plus élevées du pays. Les valeurs annuelles pour la province s'élèvent à 3 200 mm, mais leur répartition spatiale n'est pas uniforme. Selon les années, les précipitations moyennes annuelles peuvent varier de 2 500 à 3 500 mm dans les plaines et de 3 000 à 4 500 mm dans les montagnes. Certaines années, les précipitations peuvent être encore plus élevées et dépasser les 5 000 mm dans les montagnes (Atlas des lagunes de Thua-Thien-Hue, 2003).

La saison des pluies a lieu de septembre à décembre, avec 70% des précipitations annuelles. Ces dernières sont souvent brèves et intenses, entraînant des inondations et des phénomènes d'érosion causant de grands dégâts socio-économiques et environnementaux. Les inondations survenues en novembre 1999, par exemple, ont fait 600 victimes et inondé 600 000 maisons (CCFSC 2006).



Source : GSO, 2010

Figure 3.4 Précipitations mensuelles dans le bassin de la rivière Huong

3.1.5 Tempêtes et vents

On note dans la zone d'étude deux saisons de vents dominants par année: le vent de sud-ouest et le vent du nord-est. Les vents d'ouest commencent à partir du mois de mars jusqu'au mois de juillet. Les vents soufflent du sud-ouest à travers le massif de Truong Son, vents chauds et secs qui entraînent souvent la sécheresse en saison sèche. Les vents du nord commencent à partir du mois de septembre, et se prolongent au mois de mars et d'avril de l'année suivante. En raison de l'influence des massifs de Truong Son et Bach Ma, les vents du nord-est provoquent normalement des pluies et du temps sec et froid.

La vitesse de vent maximale enregistrée dans la région atteint plusieurs dizaines de mètres par seconde (à Hue: 28 m/s, A Luoi: 40 m/s et à Dong Nam: 25 m/s). Le bassin du fleuve Huong se situe dans une zone exposée aux tempêtes. Selon les données statistiques des 30 dernières années, le nombre de tempêtes touchant Quang Binh et Thua-Thien-Hue, représente

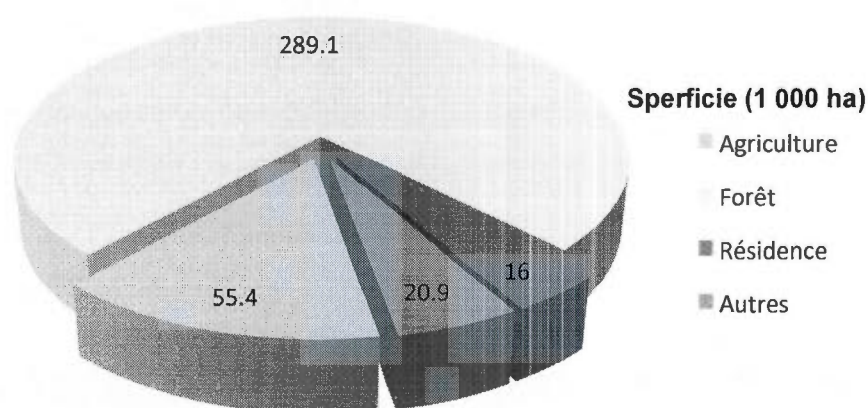
environ 27% du nombre total des tempêtes pour tout le pays durant la même période (DMU 2002).

3.1.6 Couverture forestière

La végétation joue un rôle important pour réduire le ruissellement, l'érosion, les glissements de terrain et les crues. En 2002, la province de Thua-Thien-Hue comptait 234 945 hectares de terres forestières (pour un pourcentage de couverture forestière de 47%), dont 177 550 hectares en forêts naturelles et 57 395 hectares en plantations. La superficie de terres dénudées se situe autour de 125 000 hectares, soit 25% de la superficie totale. La couverture peut sembler assez élevée, mais la forêt est généralement pauvre, et sa capacité de rétention d'eau est donc très faible. Avec la pente élevée, c'est une des causes les plus importantes d'inondations (CCFSC 2006).

3.1.7 Occupation du sol

La province de Thua Thien-Hue a une superficie totale de 506 300 hectares (ha) dont 55 400 ha dédiés à l'agriculture, 289 100 ha de forêts, 16 000 ha en zones résidentielles et 20 900 ha pour les autres types d'occupation du sol (figure 3.5).



Source: GSO, 2010

Figure 3.5 Occupation du sol de la province de Thua Thien Hue

A part Nam Dong, district situé dans la région montagneuse, la plupart des autres districts sont en zone de plaine et sont fortement touchés par les inondations. Les grandes terres agricoles sont situées dans les deux bassins principaux (Huong et Bo), décrites dans le tableau 3.2. Les champs dans les plaines du bassin du fleuve Huong sont situés au niveau de la mer et au niveau des eaux de crue (tableau 3.3) et sont donc presque tous inondés lorsque les crues dépassent le niveau d'alarme 3.

Tableau 3.2 Occupation du sol (hectares), Province de Thua Thien Hue

Occupation du sol	Rivière Huong Sud	Rivière Huong Nord	Rivière Bo Sud	Rivière Bo Nord	Sous-Total
Riz spécial	585	204	242	446	1 031
2 cultures de riz	7 568	2 991	5 019	8 011	15 579
Riz de printemps et d'hiver	1 746	370	906	1 276	2 721
Riz d'été et d'automne	2 666	237	551	788	3 454
1 culture de riz +1 culture sèche	134	265	182	447	581
Riz spécial dans zone subsidiaire	3 342	2 064	1 478	3 542	6 883
Total	15 471	6 131	8 378	14 509	29 980

Source: Statistical Year Book 2003

Tableau 3.3 Distribution de l'occupation du sol (hectares) en fonction de l'élévation

Élévation (m)	Rivière Huong Sud	Rivière Huong Nord	Rivière Bo Sud	Rivière Bo Nord
< 0	5 145	500	1 528	7 173
0 - 0.5 m	2 800	1 528	2 762	7 090
0.5 - 1 m	1 897	2 640	1 567	6 104
> 1 m	5 629	1 463	2 521	9 613
Total	15 471	6 131	8 378	29 980

Source: Statistical Year Book 2003

La carte de l'occupation du sol de la province de Thua Thien Hue à l'échelle 1 : 50 000 est publiée par le Département général de cadastral du Vietnam (GDLA). Son niveau de détail pourrait être assez élevé pour les besoins de notre étude. Malheureusement, elle est basée sur des données de 1970, ce qui ne permet pas de faire de la combiner efficacement avec les données d'inondation de 1999. L'occupation du sol est cartographiée à l'aide d'une série d'images satellitaires à haute résolution : Landsat-ETM+ et EROS-B (voir la partie 4.5.1.)

3.2 Conditions socio-économiques

La rivière Huong est une source d'irrigation importante pour l'agriculture, l'aquaculture, et elle compte non seulement pour l'approvisionnement en eau de l'industrie et la production d'énergie hydro-électrique, mais aussi pour l'alimentation des municipalités, de la société civile, de l'environnement lié à l'existence aquatique, des écosystèmes et de la vie sauvage. La plupart des gens vivant dans le bassin de la rivière Huong vivent près du seuil de pauvreté; leurs moyens d'existence dépendent donc fortement de son régime hydrologique. Dans le bassin du fleuve Huong, on ne compte qu'un seul site écologique et économique : la lagune de Tam Giang-Cau Hai, le système lagunaire le plus grand et le plus complexe du Vietnam, écosystème très sensible aux changements climatiques.

Il existe une forte densité de population dans la plaine du bassin, la plupart des terres cultivées étant des champs de riz. La vie de la population dépend donc essentiellement de la gestion des ressources en eau. La demande en eau pour l'agriculture, l'aquaculture, d'autres secteurs économiques et la vie humaine dans la région est très élevée. Le fleuve Huong est une source d'approvisionnement en eau fondamentale, mais la distribution de l'eau selon les moments de l'année est très inégale. Son débit est très haut en saison des pluies et il provoque des inondations, tandis qu'en saison sèche il est très bas et entraîne souvent des crises d'approvisionnement en eau, la pollution de l'eau, l'intrusion de la salinité, et une importante dégradation écologique.

La province compte 1 105 494 habitants (Statistical-Year-Book 2003) et a une densité de 219 habitants par km², très inégalement répartie sur le territoire. La densité de population est beaucoup plus élevée dans toute la région côtière, avec une densité habituellement supérieure

à 400 habitants par km² tandis que les régions montagneuses ont une densité très faible, aux alentours de 30 habitants par km². Ceci pose des problèmes de surexploitation des zones de plaines.

Le taux de croissance annuelle est de 1,4% (Statical-Year-Book 2003). Le nombre moyen de personnes par foyer est de 7 à 9 et 69% de la population vivent en milieu rural. La plupart des communes possèdent une école maternelle, un collège et un lycée mais les infrastructures demeurent rudimentaires (Pham, Nguyen et al. 2007). Environ 95% des foyers utilisent l'électricité, mais les lignes électriques sont très fragiles. Les voies de communications reliant les villages sont de plus en plus fréquemment asphaltées mais la plupart sont étroites et la circulation des véhicules de transport reste souvent difficile (Pham, Nguyen et al. 2007).

Le PNB de la province est de 284 US\$ par habitant, ce qui est très faible par rapport au PNB national (482\$/hab.). Il se répartit en 43,6 % pour les services, 22,5 % pour le secteur primaire et 33,9 % pour l'industrie et la construction (Statical-Year-Book 2003).

L'agriculture dans son ensemble représente 22,5 % du PNB, répartis en 8% pour les cultures, 4,6 % pour l'élevage, 7,5 % pour la pêche et 2,3 % pour la foresterie (calculs à prix courant) (Statical-Year-Book 2003).

3.3 Problèmes d'inondations

Il y a plus de 400 ans, au 16^e XVI^e siècle (1553), dans l'ouvrage « Approche de la continent côtière » (O Chau Can Luc), a été décrit le climat de Hue de la façon suivante suit: « Il fait moins froid, mais beaucoup plus chaud. Les grosses tempêtes se sont lieu à la fine d'été, l'eau de crue se répand partout... ». Ainsi, les inondations sont accompagnées avec font partie de Thua-Thien-Hue, depuis sa naissance jusqu'à présent (Duong 1997).

L'histoire est riche en évènements catastrophiques du genre. Au XIX^e siècle, entre 1801 et 1888, la capitale de Hue et ses environs ont subi 40 inondations majeures. Notons quelques inondations typiques :

- La bataille de l'inondation de 1811 a submergé le Palais Royal (Hoang Cung) sous 3,36 m d'eau, brisé la porte de Dung Tu (appelée Tu Hien présentement).

- L'inondation de 1818 a couvert la capitale de Hue sous 4,2 mètres de profondeur
- Les inondations des deux années consécutives 1841-1842 ont détruit plus de 700 maisons, endommagé le tombeau de Minh Mang (Roi célèbre du Vietnam) et entraîné un grand nombre de décès.
- L'inondation au mois d'octobre de 1844 a tué plus de 1 000 personnes et 2 000 maisons ont été complètement détruites, le mât du drapeau de la radio publique a été brisé, et on a enregistré 4,2 mètres de profondeur d'eau dans les rues de la capitale de Hue.
- De nombreuses inondations qui ont suivi, en 1848 et 1856, et elles ont détruit plus de 1 000 maisons à Hue, les deux tiers de Ngo Mon (la porte du sud du palais royal) ayant été brisés.

Au XXe siècle, la ville de Hue a été touchée de manière répétée par des dommages dus aux inondations, notamment les inondations suivantes:

- Bataille de l'inondation de 20-26 septembre 1953: plus de 500 personnes ont été tuées, 1 290 maisons détruites, 300 buffles et vaches tués ou emportés et 80% des récoltes perdues. Les inondations dans la capitale de Hue ont brisé la porte de Quang Duc.
- Après la réunification du Vietnam (le 30 avril 1975), une crue majeure en province de Thua-Thien-Hue, du 15 au 20 d'octobre 1975, a causé de grandes pertes de vies et des dommages matériels importants.
- Du 28 octobre au 1 novembre 1983, une inondation majeure dans la province de Thua-Thien-Hue a tué 252 personnes, en a blessé 115; 2 100 maisons se sont effondrées ; 1 511 maisons ont été emportées ; 2 566 vaches et buffles, 20 000 cochons ont été noyés.
- L'inondation historique du début du mois de novembre 1999 a causé 352 mortes, 21 disparus, 99 blessés, 25 015 maisons submergées et détruites, 1.027 écoles effondrées, 160 537 animaux domestiques et 879 676 volailles tués. Les pertes totales ont été évaluées à 1 761.82 milliard VND (soit environ 100 millions de dollars CAD).
- Même au début de XXIe siècle (octobre 2001), une grande inondation et entraîné des pertes totales de plus de 208 milliards VND (soit environ 15 millions de dollars CAD).

Les inondations survenues dans la province de Thua-Thien-Hue sont causées par les pluies torrentielles, issues de la convergence intertropicale : l'air froid, les tempêtes et le vent d'est. Les inondations dans la province de Thua-Thien-Hue ont les caractéristiques suivantes:

- Les saisons des inondations: Conformément à la saison des pluies, la saison des inondations principales s'étend du mai au décembre chaque année. Les débits de crue comptent pour 65% du débit total annuel. Outre les inondations majeures, on note également des inondations mineures aux mois de mai, juin et juillet ; les inondations se produisent plutôt au mois d'août, septembre et aussi plus tard au mois de janvier.
- Les nombre des inondations: selon les données de l'année 1977 à 2006 sur la rivière Huong : le nombre d'inondation moyen au niveau d'alarme II chaque année est de 3.5 ou plus, le plus grand nombre d'inondations annuellement est 7 et il y a au moins une inondation par an. 36% des inondations sont considérées comme importantes.
- La durée d'inondation: en fonction de la situation des pluies et des marées, la durée moyenne d'une inondation est d'environ de 3 à 5 jours, la plus longue étant en moyenne de 6 à 7 jours.
- Le temps de transfert d'inondation : de 5 à 6 heures, sur une distance moyenne de 51 km, de la source en amont (Thuong Nhat) à l'aval (Kim Long).
- L'ampleur de l'inondation et l'intensité de la crue dépendent de l'intensité des précipitations et du profil des rivières. L'ampleur est de 3 à 5 m, la plus forte intensité des inondations dans les zones montagneuses est environ de 1 à 2 m par heure et de 0,5 à 1 m par heure dans les plaines.
- Le débit d'inondation: le débit de l'inondation en 1953 a été de 12 500m³/s et l'inondation historique de 1999 a été de 14 000m³/s. Le volume total de l'eau de toutes les rivières en aval est d'environ 307 milliards de m³, 90% des plaines sont alors profondément submergées, sous une hauteur de d'eau variant de 1 à 4m.

Les inondations sont les catastrophes naturelles extrêmement dangereuses avec leur forte intensité et leur durée qui entraînent des dommages graves. Leur impact est particulièrement important pour la province de Thua-Thien-Hue.

CHAPITRE IV

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Comme l'ont montré les multiples définitions des risques d'inondation citées dans le deuxième chapitre, ce travail de recherche s'inscrit dans un contexte multidisciplinaire, puisqu'il fait appel à plusieurs disciplines majeures des sciences humaines et naturelles : la géographie, l'environnement, la sociologie et l'économie. De plus, l'évaluation des risques d'inondation devra résulter de la participation des différents intervenants à chacune des étapes.

Les rôles de chaque groupe d'intervenants s'identifient de manière distincte dans notre processus de recherche des risques d'inondation. La technologie disponible est facile à adapter, cependant, la coopération et l'égalité de relation entre les trois groupes (l'autorité, la technique et la communauté) sont très importantes, ce qui exige la participation volontaire afin de collecter les données et les points de vue exacts. Dans un pays en voie de développement comme le Vietnam, nos expériences de travail avec le public ont montré que tout dépend de la méthode d'approche vis-à-vis des communautés et de leurs autorités politiques.

Dans la présente étude, une fois les risques d'inondation définis, notre méthodologie propose d'aborder l'évaluation des risques d'inondation via une analyse multicritère avec les outils de SIG et de télédétection.

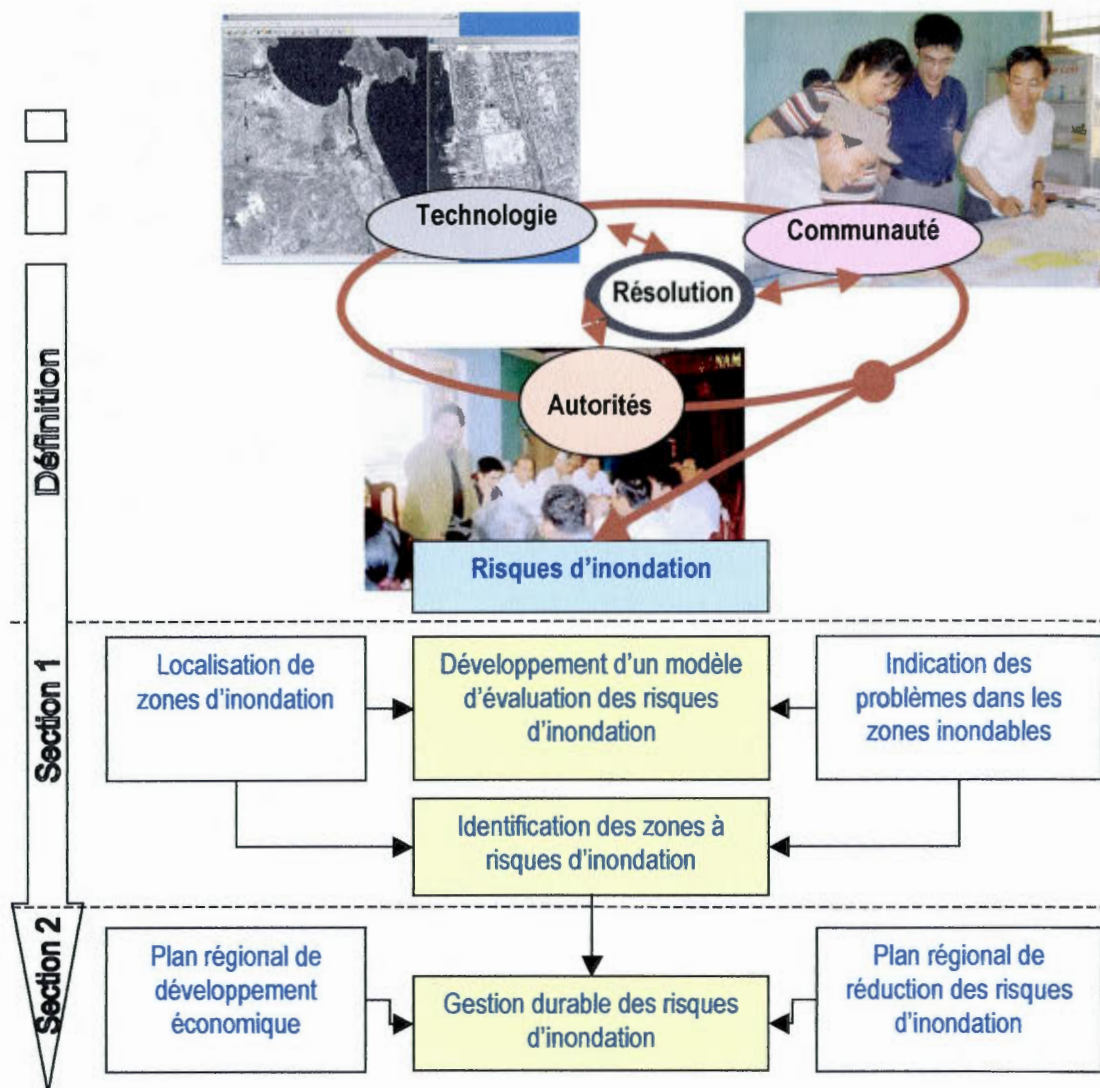


Figure 4.1 Démarche méthodologique

4.1 Développement d'une méthode de l'évaluation des risques d'inondation

4.1.1 Définition du modèle d'évaluation des risques d'inondation

Au point de vue géographique, si on dresse la synthèse des définitions existantes, on peut considérer les risques d'inondation comme la probabilité des dommages correspondant à la conjonction de deux phénomènes : l'aléa et la vulnérabilité. L'aléa est constitué par des caractéristiques de l'inondation elle-même, soit son ampleur, sa profondeur, sa durée, etc. En

ce qui concerne les vulnérabilités, on devra en distinguer trois types : la vulnérabilité des communautés, les dommages économiques potentiels et les impacts sur l'environnement. Dans l'axe temporel, les impacts ou les dommages sont la conséquence survenant après une inondation et les vulnérabilités sont considérées comme la capacité de préparation et réaction avant les inondations, la capacité de résistance des communautés pendant des inondations et la capacité de restauration après les inondations (Renfroe and Smith 2008). Donc, ces aspects sont étroitement reliés, la zone plus vulnérable étant celle qui subira les conséquences les plus graves. L'analyse des caractéristiques socio-économiques et des impacts environnementaux est nécessaire pour l'évaluation des risques globaux dans une région (Birkmann, Krings et al. 2008).

Depuis les années 1970, la pauvreté, l'ethnie, le sexe, le handicap, l'éducation et l'âge sont considérés comme des facteurs clés de la vulnérabilité des communautés (Smith 2004). La vulnérabilité en termes de réseaux sociaux, d'accès aux ressources ou de pouvoir politique est difficile à quantifier. Par conséquent, la vulnérabilité socio est généralement exprimée par les caractéristiques démographiques (Cutter, Boruff et al. 2003). Dans cette étude, les risques d'inondation sont l'intégration des vulnérabilités de la communauté avec les caractéristiques d'inondation. Ils sont basés sur l'analyse des conditions de socio-économie différentes et des impacts potentiels d'inondation sur l'environnement.

Basé sur les concepts des modèles existants d'évaluation des risques et nos connaissances ainsi que nos expériences de travail dans les zones d'inondation au centre du Vietnam, dans le cas du projet de PNUD VIE/97/002, nous développons un modèle spécifique pour évaluer les risques d'inondation pour cette région. La démarche peut être présentée dans le schéma qui suit.

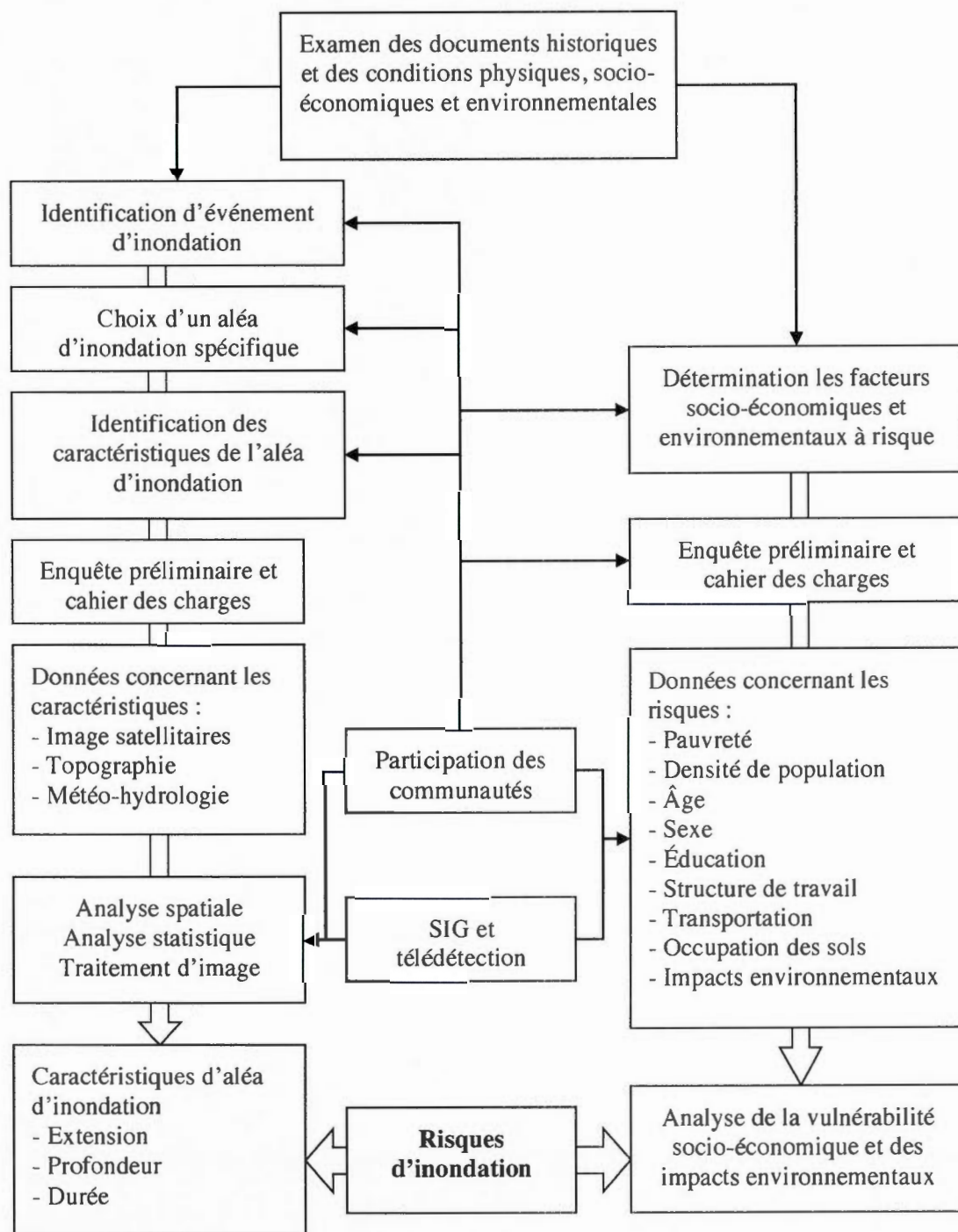


Figure 4.2 Démarche d'évaluation des risques d'inondation

4.1.2 Rôle de la participation des communautés

La participation des communautés locales sélectionnées permet de collecter des données manquantes et d'obtenir une polarisation des points de vue sur l'évaluation des impacts d'inondation (Gaétan A. Leduc 2000). Dans chacun des cas, la pratique peut aider à développer une méthode de participation (IDS/IIED 1994; Pretty, Guut et al. 1995). Dans la présente étude, la méthode d'évaluation rurale participative est basée sur nos expériences passées au sein du projet DMU -VIE/97/002 du PNUD, qui a eu lieu de 2001 à 2004 dans le centre du Vietnam. Dans le processus d'évaluation des risques d'inondation, nous avons utilisé un outil d'enquête sur la participation publique. L'évaluation rurale participative, en anglais : *Participatory Rural Appraisal* (PRA), est un type de recherche d'action participative, qui a été principalement utilisé par les ONGs pour engager économiquement et/ou socialement avec les groupes des communautés à identifier et enquêter les problèmes locaux, dans le but de catalyser une action (Webber and Ison 1995; Chambers 2009). La PRA s'appuie fondamentalement sur les méthodes manuelles, telles que la cartographie participative et les diagrammes des flux de ressources, qui sont produit afin de surmonter les obstacles de communication qui existent entre les chercheurs extérieurs et les membres de la communauté (Dubois, Treinen et al. 2008). Plusieurs chercheurs ont adapté les méthodes de PRA aux communautés urbaines dans les pays en voie de développement (Cottam 1994; MRC 2005).

« À son meilleur, plutôt un mode éclectique de la situation (apprentissage de l'extérieur) qu'une méthode, l'évaluation participative en milieu rural se distingue par l'utilisation de représentations graphiques locales créés par la communauté que peut légitimer les connaissances locales et promouvoir l'autonomisation. »

(<http://www.iisd.org/casl/CASLGuide/PRA.html>)

4.1.3.1. PRA pour la zone d'étude

Au Vietnam, la PRA est une méthode qui a été utilisée fréquemment avec l'aide des ONG pour mener les enquêtes auprès des communautés (Abarquez and Murshed 2004). Dans le cas du projet DMU du PNUD de 2001 à 2004, nous avons utilisé cette méthode pour l'évaluation et la collecte des données des risques d'inondation et aussi pour valider les résultats de la

cartographie de l'aléa d'inondation à partir du modèle hydraulique appliqué dans les sept provinces du Centre au Vietnam.

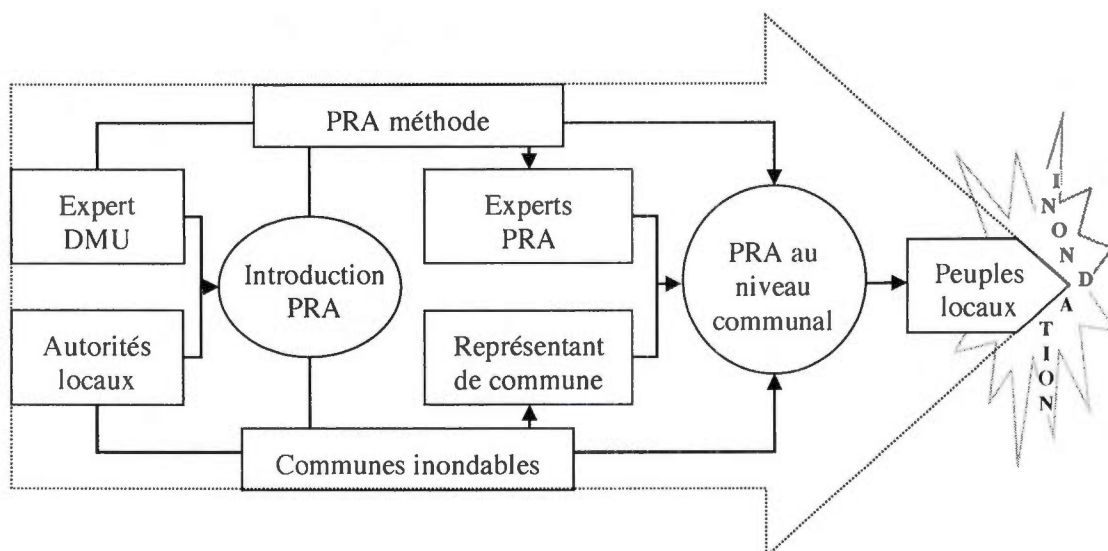


Figure 4.3 Cadre initial pour la PRA au niveau communal

Les premiers contacts avec les autorités des provinces centrales du Vietnam aura permis de présenter notre méthode de PRA pour l'évaluation des risques d'inondation afin d'avoir une autorisation et aussi un support de travail directement auprès des populations locales.

Pour chaque commune touchée par l'inondation, nous avons demandé de sélectionner deux représentants qui répondent aux critères suivants : une bonne connaissance sur leur commune (le chef de la commune ou la personne qui travaille dans les organisations communautaires) et représentation des deux sexes (1 homme et 1 femme). Tous les représentants vont participer à un colloque de formation de PRA et de risque d'inondation pendant 5 jours. Le premier jour de la formation est expérimenté sur une commune sélectionnée à cause des niveaux de dommage des inondations (choisie par les autorités provinciales) afin d'établir la formation pour toutes les communes pendant les 4 jours suivants. Les résultats et les informations collectés par une commune testée sont utilisés comme exemples pour les représentants des toutes communes.

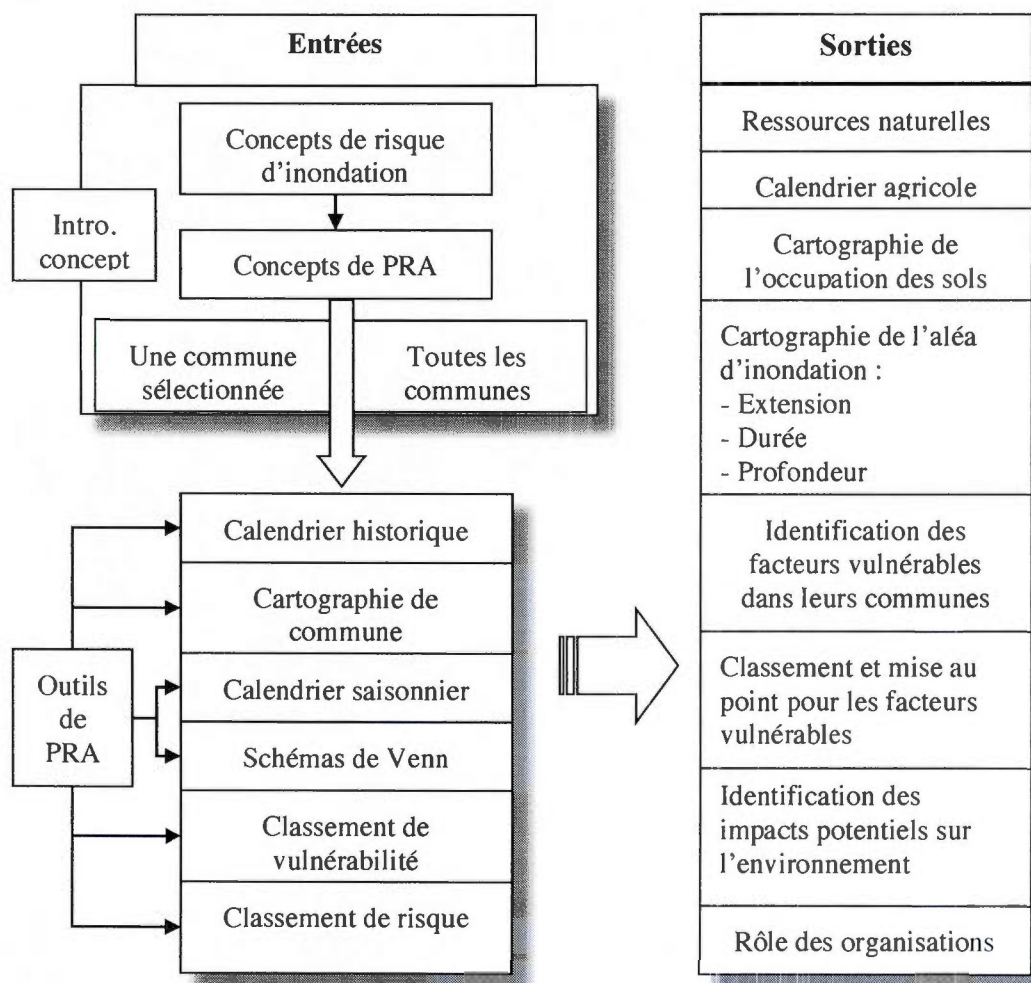


Figure 4.4 Démarche de participation publique par PRA

4.1.3.2. Outils utilisés pour la PRA

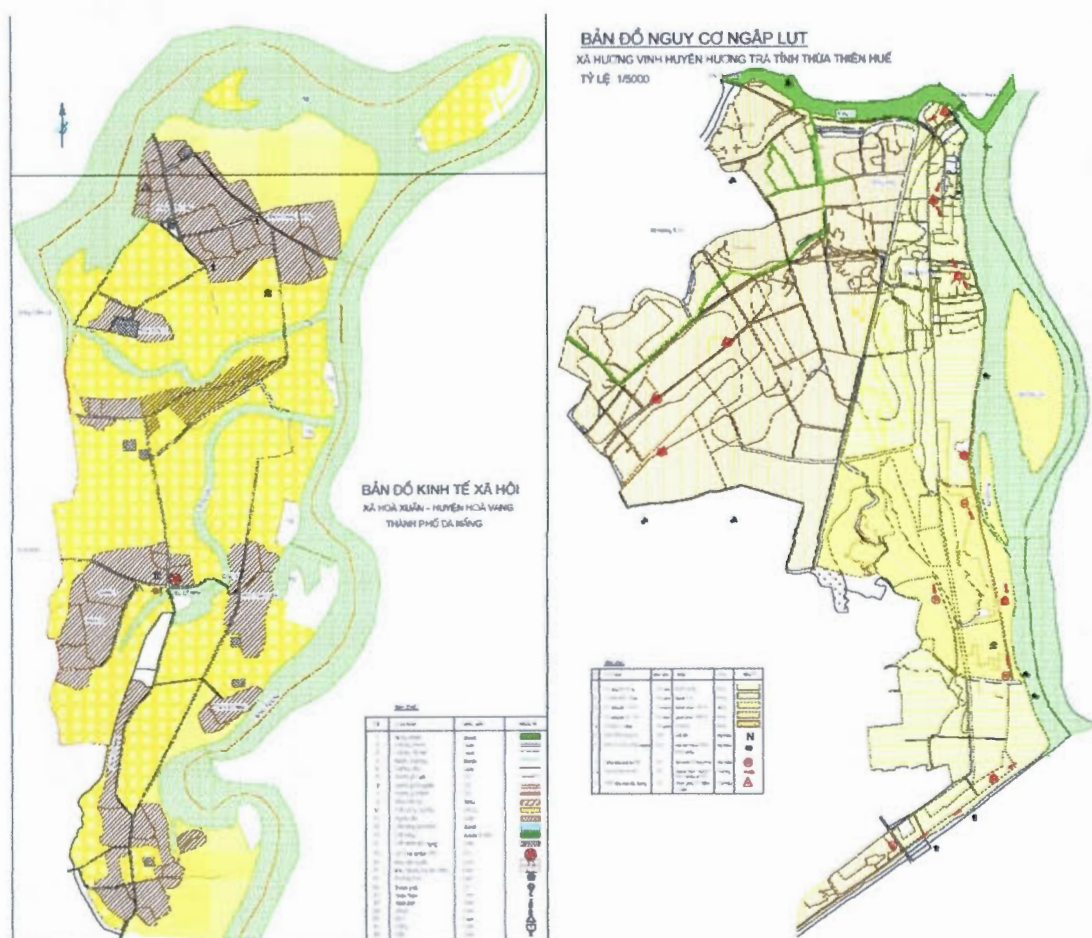
Notre méthode, comme toutes les méthodes de PRA, s'appuie sur cinq outils qui ont des utilisations et des applications différentes.

1. Calendriers historiques

Les exercices de la ligne du temps historique sont organisés pour mettre en évidence les tendances et les points clés dans l'histoire de la commune dont les ménages considérés ont subi un impact sur leurs moyens d'existence - que ce soit positivement ou négativement.

2. Cartographie de commune

La cartographie de commune est un outil de PRA utilisé pour faciliter la compréhension et la discussion sur les systèmes agricoles locaux, les ressources physiques ainsi que les caractéristiques et les impacts considérés comme importants par les ménages. La figure 4.5 montre les cartes établies par les communautés.



a- Occupation des sols

b- Aléa de l'inondation historiques

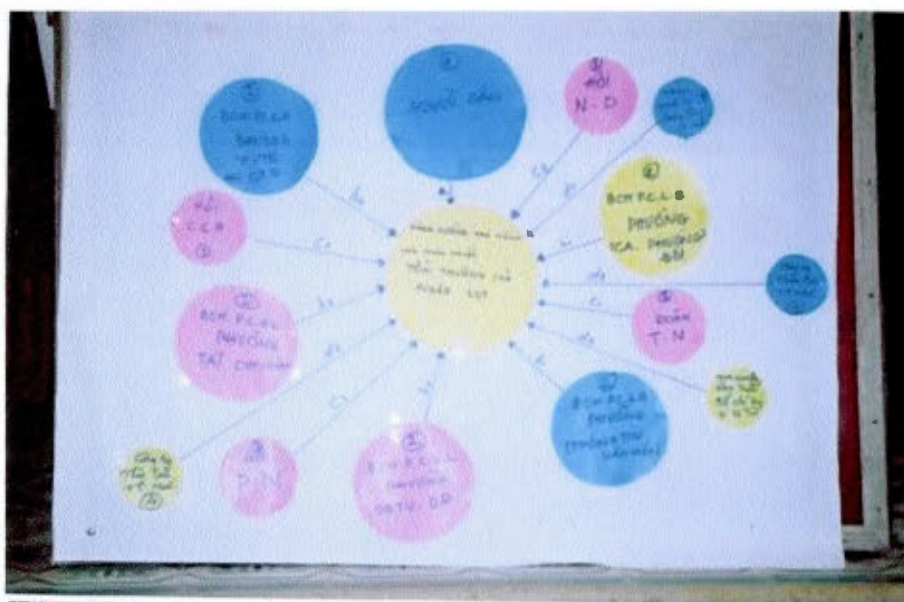
Source : Projet de PNUD : VIE/97/002 – DMU

Fait par les communautés de la province de Thua-Thien-Hue

Figure 4.5 Exemples de cartographie de commune

3. Schémas de Venn

Les schémas de Venn (figure 4.6) sont utilisés pour étudier les rôles des organisations locales dans le plan de réduction des dommages d'inondation et des niveaux de vulnérabilité socio-économique et environnementale de leurs communautés face aux inondations. Ils déterminent le lien entre les produits principaux, les caractéristiques sociales ainsi que les impacts environnementaux en fonction des caractéristiques physiques des inondations. Ces diagrammes de corrélation peuvent identifier les ressources sous-utilisées et aider les agriculteurs à proposer des solutions pour améliorer les systèmes agricoles locaux.



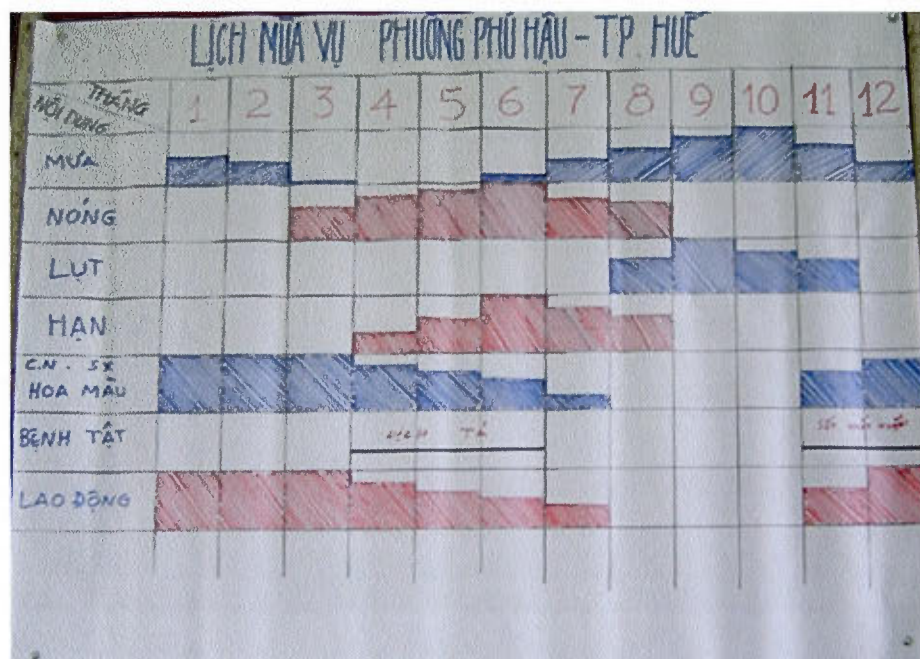
Source : Projet de PNUD : VIE/97/002 – DMU

Fait par les communautés de la province de Thua-Thien-Hue

Figure 4.6 Exemple de schéma de Venn

4. Calendriers saisonniers

Les calendriers saisonniers (figure 4.7) sont conçus pour illustrer les activités importantes, les problèmes ou les changements de ressources pendant l'année civile ou par cycle de production. Ils peuvent renseigner sur des activités à base communautaire, l'élevage, la culture, les conditions météorologiques et climatiques, les dépenses et les emprunts.



Source : Projet PNUD : VIE/97/002 – DMU

Fait par les communautés de la province de Thua-Thien-Hue

Figure 4.7 Exemple de calendrier saisonnier

5. Classement des vulnérabilités et des risques d'inondation

Ces classements sont effectués pour permettre aux ménages de définir les différents niveaux de vulnérabilité et de risque dans une commune. Les caractéristiques de chaque classe de richesse sont définies. Les résultats du classement sont considérés comme des exercices visant à faciliter la compréhension des liaisons des caractéristiques d'aléa d'inondation avec les facteurs socio-économiques et environnementaux.

Les caractéristiques de l'aléa de l'inondation sont simples à présenter quantitativement. Cependant, la quantité doit habituellement mettre l'accent sur les niveaux dangereux pour la population. Par exemple, la profondeur d'inondation est très facile à comprendre pour les paysans si elle est représentée par les classements : au niveau du genou, jusqu'au cou ou le premier étage se trouvant submergé (figure 4.8).

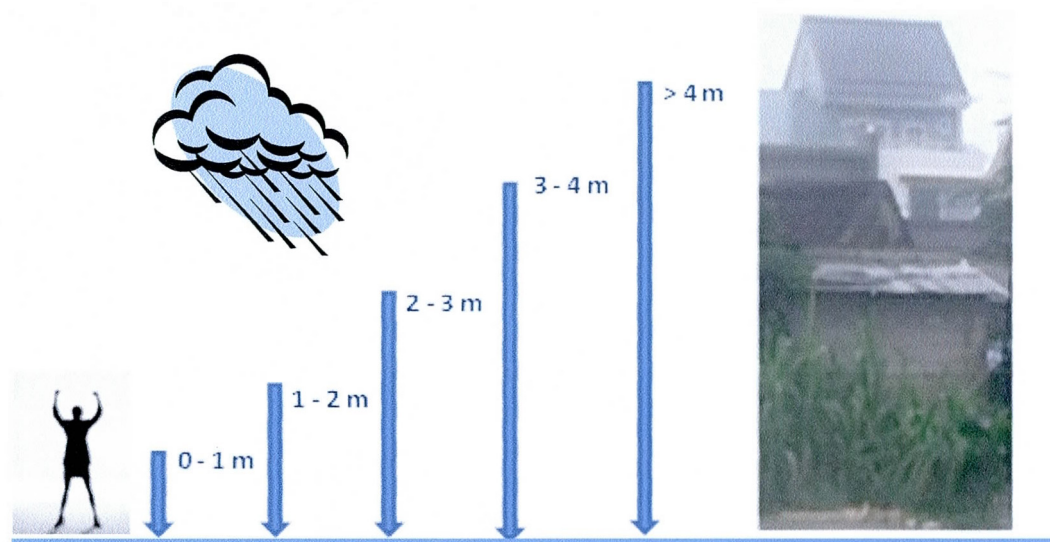


Figure 4.8 Classement de profondeur d'inondation au niveau des risques

Le seuil de la durée d'inondation est choisi par les communautés locales en considération des risques prévus en fonction de leurs « connaissances indigènes » (figure 4.9). Après trois jours, à partir du pic d'inondation historique de 1999, l'agriculture principale, le riz, a été totalement perdue dans les rizières encore inondées; les maladies, le choléra en particulier, sont apparus dans les zones inondées du fait de la pollution de l'eau par les déchets et les cadavres des animaux domestiques en décomposition.

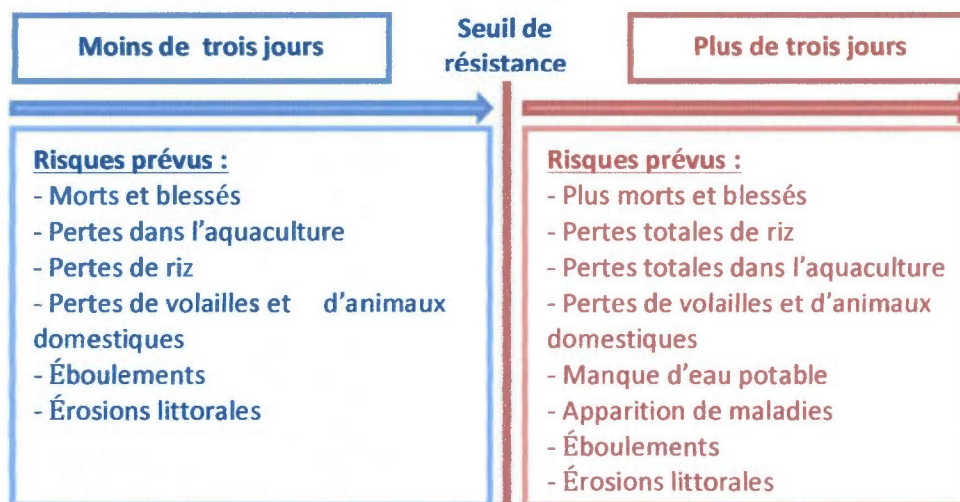


Figure 4.9 Seuil de durée d'inondation au niveau des risques

Comme mentionné dans la partie précédente, la vulnérabilité des communautés est considérée comme la capacité de préparation et réaction avant les inondations, la capacité de résistance de ces mêmes communautés pendant les inondations et leur capacité de restauration après. Nous avons classé la vulnérabilité selon 5 niveaux différents afin d'évaluer quantitativement chaque classe en fonction de la vulnérabilité (figure 4.10)

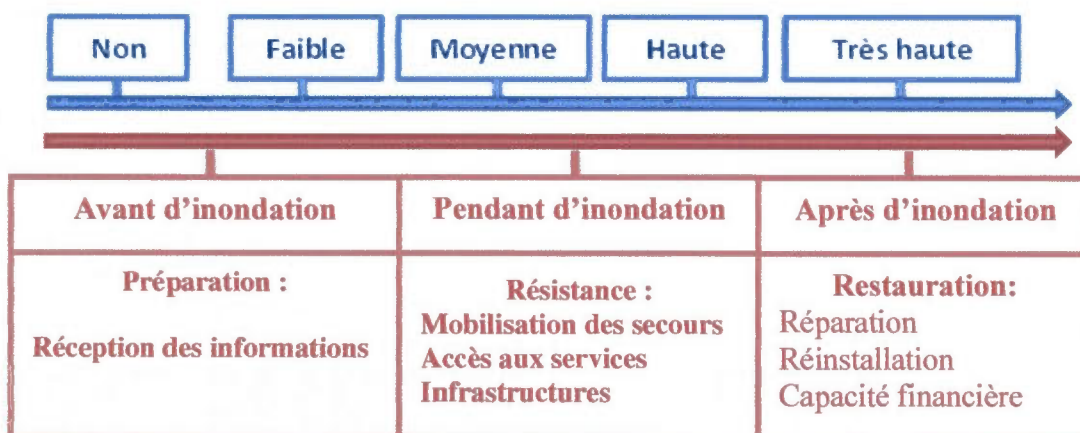


Figure 4.10 Classement de vulnérabilité des communautés face aux inondations

4.1.3.3. Stockage et synthèse des données

Après la formation en PRA, toutes les informations collectées sont saisies dans les bases de données sous forme de tableaux EXCEL. Les cartes sont numérisées et saisies dans un système d'information géographique (SIG), en format « *shape* » (format standard du logiciel ArcView).

Les discussions avec les groupes issus des communautés pendant la formation de PRA nous fournissent un aperçu de leurs points de vue et connaissances et ainsi que des informations sur les risques d'inondation au centre du Vietnam, le tout en vue de développer un modèle d'évaluation de risques d'inondation pour la région. Ces informations sont très importantes dans les processus d'analyse multicritère visant à modéliser les risques d'inondation. Elles sont utilisées pour modéliser des facteurs ou trouver une solution d'identification par les indicateurs adéquats. On peut voir les synthèses de ces informations à partir des enquêtes des 32 personnes de 16 communes inondées, qui ont participé dans la formation de PRA, dans les tableaux 4.1 à 4.7. La vulnérabilité face aux inondations est classée par les quarts niveaux (4 : très haute vulnérabilité; 3 : haute vulnérabilité; 2 : vulnérabilité moyenne; et 1 : faible vulnérabilité).

Tableau 4.1 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des âges

Âge	Pondération de vulnérabilité				Niveau de vulnérabilité
	4	3	2	1	
0-4 ans	29	3	0	0	4
5-9 ans	6	25	1	0	3
10-14 ans	1	0	31	0	2
15-19 ans	0	0	2	30	1
20-24 ans	0	0	1	31	1
25-29 ans	0	0	0	32	1
30-34 ans	0	0	0	32	1
35-39 ans	0	0	0	32	1
40-44 ans	0	0	2	30	1
45-49 ans	0	0	3	29	1
50-54 ans	0	1	4	27	1
55-59 ans	0	3	6	23	1

Âge	Pondération de vulnérabilité				Niveau de vulnérabilité
	4	3	2	1	
60-64 ans	0	3	29	0	2
65-69 ans	0	3	29	0	2
70-74 ans	0	5	27	0	2
plus 75 ans	4	28	0	0	3

Tableau 4.2 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des genre et ethnicité

	Plus vulnérable	Moins vulnérable	Égal
Genre			
Les femmes	30	0	2
Les hommes	4	20	8
Ethnicité			
Kinh	5	7	20
Minorités	7	5	20

Tableau 4.3 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction de l'éducation

Éducation	Niveaux de vulnérabilité				Niveaux de vulnérabilité
	4	3	2	1	
Non	30	2	0	0	4
Secondaire	2	25	3	2	3
École supérieure	0	0	27	5	2
Baccalauréat	0	0	0	32	1
Maîtrise	0	0	0	32	1

Tableau 4.4 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction du structure de travail

Structure de travail	Pondération de vulnérabilité				Niveaux de vulnérabilité
	4	3	2	1	
Travail	0	1	5	26	1
Ménagère	2	4	22	4	2
Étudiant	0	3	19	10	2
Handicape	32	0	0	0	4

Structure de travail	Pondération de vulnérabilité				Niveaux de vulnérabilité
	4	3	2	1	
Chômage	10	22	0	0	3
Non	11	21	0	0	3

Tableau 4.5 Synthèse de pondération de vulnérabilité en fonction des indicateurs de mesure de vulnérabilité

Indicateurs de mesure de vulnérabilité	Pondération de vulnérabilité				Niveaux de vulnérabilité
	4	3	2	1	
Pauvreté	29	3	0	0	4
Densité de population	9	8	9	6	?
Âge	7	10	9	6	?
Genre	7	9	8	8	?
Ethnicité	0	0	2	30	1
Éducation	11	7	6	8	?
Structure de travail	8	12	8	4	?
Densité des réseaux de transport	10	8	8	6	?

Tableau 4.6 Synthèse de l'évaluation des coût d'installation et coût de réparation pour les différents types d'occupation du sol

Occupation du sol	Coût d'installation				Coût de réparation			
	4	3	2	1	4	3	2	1
Zone historique	32	0	0	0	32	0	0	0
Aéroport	31	1	0	0	32	0	0	0
Usine	30	2	0	0	31	1	0	0
Résidentiel	8	19	5	0	8	24	0	0
Cimetière	0	0	3	29	0	0	8	24
Aquaculture	11	21	0	0	2	5	25	0
Rizière	0	4	28	0	0	0	3	29
Autres agri.	0	0	3	29	0	0	1	31
Plantation	0	0	28	4	0	0	29	2
Zone mixe	0	0	1	31	0	0	0	32

Les données concernant toutes les communes inondées seront collectées par les bureaux officiels afin d'analyser les risques d'inondation pour toute la province. Les données sont ensuite finalisées par les communautés qui les synthétisent afin de les utiliser comme référence pour l'interprétation et la validation dans le cadre de notre étude.

Tableau 4.7 Synthèse des données et informations collectées par PRA

Types des données	Disponibilité	À faire	À Collecter
<i>Aléa d'inondation</i>			
Cartes de profondeur d'inondation	16 communes	Modélisation	Topo, investigation
Cartes de la durée d'inondation	information	Cartographie	Images satellitaires
<i>Vulnérabilité</i>			
Pauvreté	16 communes	Traitement	GSO
<i>Caractéristiques démographiques</i>			
Âge	16 communes	Traitement	GSO
Genre	16 communes	Traitement	GSO
Ethnicité	16 communes	Traitement	GSO
Éducation	16 communes	Traitement	GSO
Densité de population	16 communes	Traitement	GSO
Structure de travail	16 communes	Traitement	GSO
Diversité des sources de revenu	information	Occupation du sol	Images satellitaires
<i>Infrastructures</i>			
Nombre et types des maisons	information	Pauvreté	GSO
Accès aux services	information	Réseau de transport	GDLA
Occupation des sols	16 communes	Interprétation	Images satellitaires
<i>Impacts sur l'environnement</i>			
Pollution	16 communes	Modélisation	
Éboulements	information	Zone tampon	

Types des données	Disponibilité	À faire	À Collecter
Érosion littorale	Information	Collection	PCFSC
<i>Communes à risques d'inondation</i>	<i>16 communes</i>	<i>Modélisation</i>	

GSO : Bureau général de la statistique du Vietnam

GDLA : Département général du cadastre du Vietnam

PCFSC : Centre provincial pour le contrôle des inondations et des tempêtes

4.1.3 Rôles des technologies de télédétection et SIG

Le terme technique anglais « *Remote Sensing* » a été utilisé la première fois aux États-Unis en 1965. Depuis que le satellite Landsat-1 a été lancé en 1972, les images issues de la télédétection se sont largement répandues (Murai 1994). La définition officielle de la télédétection, comme son nom l'indique est « *l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci* » (COMITAS 1988). Donc, les techniques et les connaissances pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement en sont une partie importante. Les informations sont obtenues à partir des mesures, des images ou des signaux recueillis à partir d'une plate-forme aéroportée, spatiale, terrestre ou maritime, dont la vue générale et verticale a modelé nos habitudes d'inventaire, de cartographie et de surveillance de l'environnement et des ressources depuis plus d'un siècle. Avec les techniques modernes qui permettent une évolution rapide dans un monde en changement, la télédétection peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles longues, coûteuses et fastidieuses (Bonn and Roche 1992). A des fins d'application, la télédétection est donc l'ensemble des connaissances et techniques nécessaires pour interpréter divers « objets » par leurs comportements spectraux et leurs distributions spatiales à l'aide des mesures de caractéristiques spécifiques effectuées à distance (Brustet and Lopes 1998).

L'application de la technologie de la télédétection pour la surveillance de l'inondation a retenu l'attention des organismes et des établissements du monde entier (Brivio, Colombo et al. 2002; Frappart, Seyler et al. 2005). L'utilisation des images satellites pour surveiller la rivière Diamantina en Australie pendant l'inondation de 2004 ainsi qu'en 2005 pour la rivière Brahmapoutre au Bangladesh (Felipe, Dohm et al. 2006), a démontré les capacités de la télédétection pour le suivi des inondations, la surveillance, la planification de la gestion, la

déviations des inondations, l'évaluation des impacts et la reconstruction. Les capteurs satellites existants ayant des résolutions spatiales allant de 1 m à 30 m peuvent fournir des mesures régionales pour évaluer l'ampleur de l'inondation et surveiller son évolution par l'intermédiaire d'une série temporelle d'images (Bonn and Dixon 2005; Hansen 2007). Au Vietnam, Nguyen *et al.* (1994) ont mené une étude d'aménagement agricole dans le Delta du fleuve Rouge basée sur des données de télédétection, plus particulièrement à l'aide d'images SPOT (Nguyen, Pham *et al.* 1994). L'équipe du VTGEO (1995) a travaillé de manière sommaire sur l'évaluation des risques d'inondation dans le district de Nam Thanh, dans le Delta du fleuve Rouge (Luong 1996). Des travaux plus substantiels ont été réalisés dans le delta du Mékong, à la fois à partir des données satellitaires optiques et surtout du radar pour le suivi des inondations (Sakamoto, Nguyen *et al.* 2007) ou de la classification des régimes de culture rizicole (Ritzema, Le *et al.* 2007).

Un grand problème lié à l'image satellite optique est la couverture nuageuse, particulièrement dans les régions tropicales où il y a peu de journées sans nuage, notamment pendant la saison de pluies. Dans le domaine de recherche sur l'inondation, la couverture des nuages devient un problème sérieux lors de la détection des zones inondables. La télédétection radar est donc une technique qui permet d'obtenir l'information sur la nature des surfaces terrestres sans effet de nuage. Le signal radar est particulièrement sensible au contenu en eau et à la rugosité de surface. Son interprétation est plus difficile que celle des données optiques. L'avantage essentiel des enregistrements de radar est leur insensibilité aux conditions atmosphériques (Luong 1996).

Dans cette étude, nous avons utilisé deux types d'images satellitaires : Optique et radar. L'interprétation des images optiques a pour but d'améliorer la précision de la localisation de cartes sur le terrain et des autres données collectées telles que la carte de l'occupation des sols et la carte administrative. L'image radar est utilisée pour préciser les limites des zones inondables.

Pour la gestion des risques naturels, on utilise habituellement une information pluridimensionnelle, intégrant des dimensions thématiques, spatiales, temporelles et documentaires. Pour cette raison, la conception de systèmes d'information dédiés aux risques

d'inondation nécessite des modèles de données et des techniques d'intégration spécifiques (Bui 2008). Les systèmes d'information géographique (SIG) comportent des méthodes et techniques quantitatives, qui sont souvent utilisées dans les modèles de distribution spatiale et l'analyse des problèmes ou des caractéristiques de localisation ainsi que l'investigation et la prévention des dynamiques spatiotemporelles. Ils mettent l'accent sur les variables humaines et sociales ainsi que sur les variables physiques et en particulier, la manifestation des problèmes environnementaux (Longley and Batty 1996). Dans cette étude, le système d'information géographique est largement utilisé pour assembler des données numériques dans le modèle d'évaluation des risques naturels.

4.2 Données et logiciels

Les données peuvent être classifiées en 6 catégories :

1. Les données de base sont fournies par le Département général du cadastre du Vietnam (GDLA). Les cartes sont numérisées par contrat entre le projet PNUD VIE/97/002 – DMU et le Centre des services météo-hydrologiques de Hanoi.
2. Les données concernant l'inondation historique de 1999 ont été effectuées en 2000 par deux bureaux: le PCFSC de Thua-Thien-Hue et l'Université des Ressources en eau de Hanoi.
3. Les données satellitaires concernent trois types d'images : 5 Images multispectrales provenant de Landsat 5 et 7 disponibles au Centre de télédétection et de géomatique à Hanoi, Vietnam (VTGEO) une image panchromatique à haute définition (1 m de résolution) EROS-B achetée dans le cadre du contrat entre le projet DMU et la compagnie Israël à Hanoi en 2004. Cette image est utilisée pour préciser les données collectées auprès des communautés. L'image RadarSat acquise le 7 novembre en 1999 (trois jours après l'inondation historique) provient d'une coopération entre la compagnie RadarSat au Canada et le VTGEO.
4. Les données statistiques sur l'aspect social à l'échelle communale ont été collectées par le Bureau général de statistique du Vietnam.
5. Les données et les informations sur les communautés dans la province de Thua-Thien-Hue ont été effectuées en 2004 par l'auteur et ses collègues dans le cadre du projet DMU

en collaboration avec le PDFSC de Thua-Thien-Hue. La méthode de collecte des données de PRA a été appliquée sur les 20 communes d'inondation typiques choisies par le PDFSC selon les critères proposés par le projet DMU.

6. Les autres données sur l'inondation historique ont recueillies par l'auteur lors de missions sur le terrain (au mois de juin 2004 pour la validation des cartes d'aléa d'inondation durant le contrat du projet DMU et aussi lors de la vérification de la construction de monuments suite à l'inondation historique de 1999 par contrat entre les projets DMU et PDFSC de Thua-Thien-Hue). Une autre mission de terrain effectuée au mois de juillet 2006 seulement par l'auteur pour vérifier les sites incertains d'investigation de l'inondation historique par le PDFSC et l'Université des Ressources en eau de Hanoi.

Tableau 4.8 Données utilisées dans notre étude

	Types des données	Échelle ou résolution	Nombre	Sources
1	<i>Données de base</i>			
1.1	Cartes topographiques	1 : 50 000	18 sites	GDLA
		1 : 25 000	67 sites	GDLA
		1 : 10 000	67 sites	GDLA
1.2	Réseau de transport	1 : 10 000		GDLA
1.3	Utilisation des sols	1 : 50 000		GDLA
1.4	Réseau hydrologique	1 : 50 000		GDLA
2	<i>Données des inondations</i>			
2.1	Investigation des traces d'inondation	En aval du bassin	207 sites	PCFSC de Thua-Thien-Hue
		Rivière Huong	99 sites	
		Rivière Bo	34 sites	Université d'irrigation
		Rivière Dai Giang	30 sites	
2.2	Investigation des inondations rapides	Rivière Huong, Bo, Truoi	7 sites	PCFSC de Thua-Thien-Hue
2.3	Investigation de l'érosion	Porte de Thuan	9 sites	PCFSC de Thua-

	Types des données	Échelle ou résolution	Nombre	Sources
	littorale	An, Tu Hien		Thien-Hue
3	Données satellitaires			
3.1	Images Landsat-ETM	30 m et 15 m		VTGEO
	Acquise le 17 février 1989			
	Acquise le 9 janvier 2001			
	Acquise le 2 juin 2001			
	Acquise le 25 novembre 2001			
	Acquise le 09 mars 2005			
3.2	Image EROS-B	1 m		DMU
	Acquise le 15 mars 2004			
3.3	Image RadarSat	18 m		VTGEO
	Acquise le 7 novembre 1999			
4	Données statistiques sur l'aspect social	Par commune	120	GSO 2001
4.1	Population			
4.2	Pauvreté			
4.3	Âge			
4.4	Genre			
4.5	Ethnique			
4.6	Éducation			
4.7	Structure de travail			
5	Information et données par PRA			Tableau 4.1
6	Mission de terrain et monuments de l'inondation historique⁴		15 sites	DMU

Les 4 principaux logiciels de SIG et de traitement des images ont été utilisés comme suit :

- Geomatica version 10 de PCI pour le traitement numérique des images satellitaires
- ILWIS version 4.3 pour interpoler et calculer les données sous forme matricielle

⁴ Le petit tour en béton et brique pour l'affichage des informations d'une inondation historique

- ARCGIS version 9.3 et Mapinfo version 9.0 pour traiter les données vectorielles et les données statistiques.

4.3 Caractéristique de l'aléa d'inondation

Les inondations sont un évènement naturel et récurrent pour une rivière ou un ruisseau. Statistiquement, les ruisseaux atteignent des niveaux égaux ou supérieurs à la crue annuelle moyenne une fois tous les 2,33 années (Leopold, Wolman et al. 1964). Les inondations surviennent suite à des pluies fortes ou continues qui excèdent la capacité d'absorption des sols et la capacité d'écoulement des rivières, des ruisseaux et des zones côtières. Cela provoque un débordement des cours d'eau sur les terres adjacentes. Dans le centre du Vietnam, les inondations peuvent être classées en deux types, selon leur mécanisme et leurs caractéristiques topographiques : l'inondation rapide en amont et l'inondation fluviale (*flash flood*) ou l'inondation de plaine en aval.

L'inondation rapide est un terme largement utilisé par les experts des inondations et la population générale. Ce genre de crue est caractérisé par une augmentation rapide du niveau d'eau, une vitesse élevée et d'importants débits. Les facteurs principaux causant ces inondations sont l'intensité et la durée des précipitations, la raideur des pentes des bassins versants et des cours d'eau. Cependant, dans notre zone d'étude sur la province de Thua-Thien-Hue, ces inondations rapides ne causent pas vraiment de graves dommages, parce qu'il n'y a pas beaucoup d'activités économiques dans cette zone (DMU 2002). Donc, l'inondation rapide n'est pas un type dominant de catastrophe dans notre zone d'étude si on considère les risques d'inondation comme des phénomènes intégrant des pertes économiques avec l'aléa d'inondation.

Les plaines inondables situées en bordure des rivières et des ruisseaux sont, en général, les terres les plus sujettes à la récurrence des inondations. Elles peuvent être considérées sous différents angles. Plus simplement, une plaine d'inondation est définie comme une bande de terre relativement lisse en bordure d'un ruisseau ou encore où ont lieu des débordements durant la période de la marée haute (Leopold et al, 1964). Les plaines inondables sont dangereuses pour les activités économiques en raison de la densité de population et de la grande surface de terre cultivée qu'elles représentent. Dans les bassins versants des pays

asiatiques en voie de développement, le riz est la production agricole principale. Le riz est cultivé durant la saison des inondations, principalement de juillet à novembre (54% de produit total de riz cultivé par un) (Ministère des Affaires étrangères du Japon, 1989). Toutefois, le paddy ne peut tolérer la submersion pour une longue période. Par conséquent, la durée et la profondeur d'inondation sont considérées comme les facteurs aggravants de l'étendue des dégâts.

En bref, les facteurs de l'aléa d'inondation considérés dans notre étude sont l'extension maximale d'inondation, la profondeur et la durée dans la zone de plaine où il y a de concentration de population et d'activités économiques. Les inondations sont habituellement décrites en fonction de leur fréquence statistique. Un « inondation centenaire » décrit statistiquement un événement d'inondation qui peut avoir eu lieu de chaque 100 ans correspondant de la probabilité de 1% de la retourné de cette inondation. Cette notion ne signifie pas qu'une inondation de ce genre ne se produit pas plus d'une fois en cent ans. La limite de l'inondation de 100 ans est couramment utilisée dans les programmes d'atténuation des plaines inondables pour identifier les zones où le risque d'inondation est important. (OAS 1991).

En se basant sur la fréquence de 100 ans d'inondation historique, l'approche des inondations historiques vise à déterminer les limites des zones inondables les plus étendues possible (MWLAP 2004). Les autres caractéristiques de l'aléa de l'inondation peuvent être identifiées quantitativement en suivant différentes méthodes. Cependant, ces caractéristiques doivent habituellement et principalement indiquer les niveaux dangereux pour la population. Dans cette étude, qui vise l'application de la méthode pour un bassin versant au centre du Vietnam, nous choisissons l'approche combinant télédétection et SIG pour caractériser les facteurs de l'aléa d'inondation. Pour chaque facteur sélectionné, les seuils sont choisis en fonction du niveau dangereux pouvant causer des dommages notables à la population et à ses activités. La combinaison de ces facteurs permet d'assembler les caractéristiques de l'aléa d'inondation à partir des indices de l'aléa d'inondation. Ils sont enfin intégrés avec les vulnérabilités socio-économiques et environnementales afin d'identifier les zones correspondant aux différents niveaux de risque d'inondation.

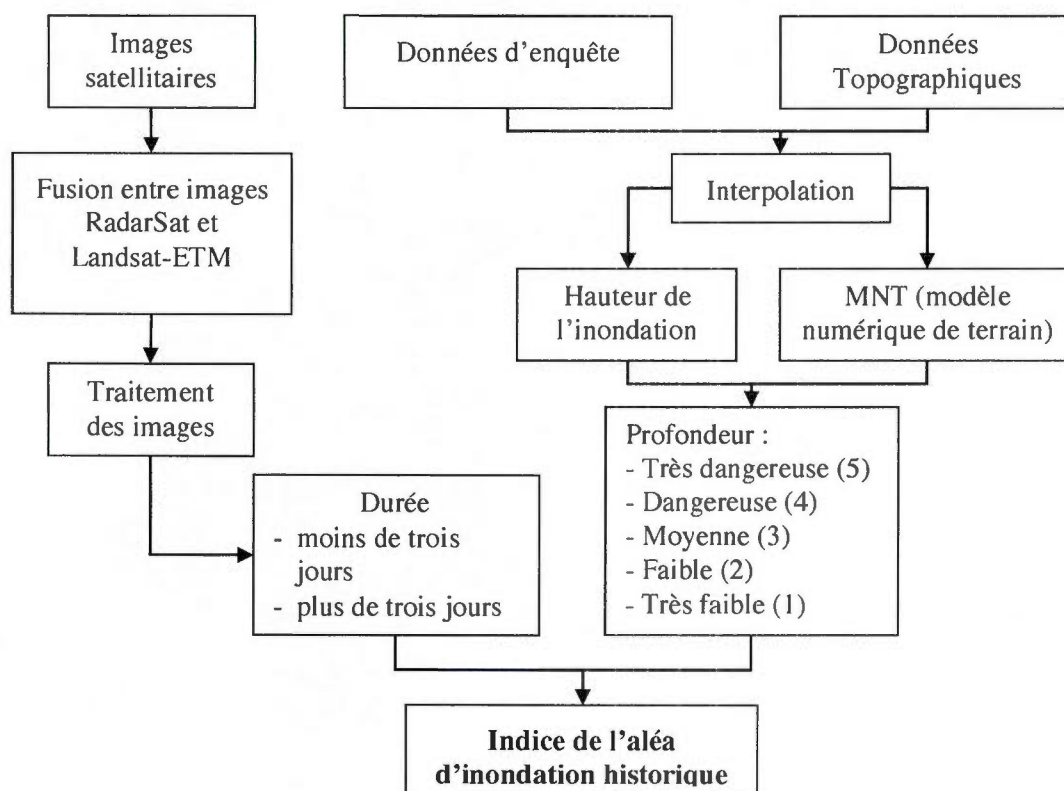


Figure 4.11 Caractéristiques de l'aléa d'inondation

4.3.1 Caractérisation de la profondeur

On appelle $dH(x,y)$ la valeur de profondeur d'inondation d'un point localisé par ses coordonnées (x,y) . La profondeur $dH(x,y)$ est calculée par la différence entre la hauteur du niveau d'inondation $H_{\text{inondation}}(x,y)$ et la hauteur topographique $H_{\text{élévation}}(x,y)$:

$$dH(x,y) = H_{\text{inondation}}(x,y) - H_{\text{élévation}}(x,y) \quad (4.1)$$

Source : (CCTSMHE 2002)

Où

$H_{\text{élévation}}(x,y)$: élévation de terrain peut être extraite de MNT

$H_{\text{inondation}}(x,y)$: altitude d'inondation mesurée sur le terrain après l'inondation historique

Si $dH(x, y) \leq 0$, ce point n'a pas été concerné par un débordement. Si pour un point donné $dH = 0$, il est considéré comme une limite de zone inondable.

4.3.1.1. Construction du MNT

Un MNT est très important pour obtenir les valeurs d'altitude sur l'ensemble de la zone d'étude. Les courbes de niveau et les points cotés tirés des cartes topographiques à l'échelle de 1 : 50 000 pour les zones montagneuses et celles de 1 : 25 000 et 1 : 10 000 sont interpolés. Nous avons choisi de produire un MNT à une résolution spatiale de 15 m. Ce choix s'impose compte tenu de la résolution des images utilisées et l'échelle des cartes topographiques.

Il existe plusieurs des méthodes d'interpolation, la question est de savoir laquelle va fournir les meilleurs résultats. Selon Pham (1996), la méthode des moyennes mobiles « *moving average* » est celle qui donne les résultats les plus précis pour la construction des MNT dans le delta (Pham 1996). L'étude de Sarangi *et al.* (2006) montre que la méthode de Krigeage donne de meilleurs résultats pour la région de montagne du bassin de St-Esprit, tandis que celle de Jordan, (2007), montre les avantages de la méthode TIN pour la région de collines du bassin de Kali (Sarangi, Madramootoo *et al.* 2006; Jordan 2007). Selon Chaplot *et al.* (2006), le choix d'une méthode d'interpolation dépend des caractéristiques de la zone d'étude ainsi que des données utilisées (Chaplot, Darboux *et al.* 2006). Notre secteur d'étude se divise en deux zones principales : une montagne avec des altitudes allant de 10 m jusqu'à plus de 1 000 m et une de plaine où l'altitude varie entre 0 m et 7-8 m. Pour trouver une méthode d'interpolation adéquate, nous avons expérimenté méthodes, en conservant 100 points de contrôle pour évaluer la précision de chaque méthode d'interpolation. Ces points d'élévation sont extraits des courbes de niveau, et les points cotés étant utilisés pour interpoler le MNT dans la zone de plaine et les courbes de niveau pour la zone montagneuse. Les méthodes ayant obtenu la plus haute précision sont IDW pour la zone de plaine et la méthode de calcul de distance inverse pour la zone montagneuse.

4.3.1.2. Calcul de la hauteur d'inondation

La hauteur d'inondation peut être considérée comme une surface plane continue si on ignore les ondulations de surface et elle peut être exprimée par une fonction continue d'ordre

polynomial élevé avec les points de surveillance réelle dans la zone d'inondation. Donc, on peut déterminer la hauteur d'inondation de tous les points par une méthode d'interpolation (CCTSMHE 2002).

La hauteur d'inondation est calculée à partir du MNT et des 380 points de mesures du PDFSC et de l'Université des Ressources en eau. Comme dans le cas du choix de la méthode d'interpolation pour construire le MNT, nous avons procédé par essais successifs pour trouver une meilleure méthode d'interpolation. Le résultat ayant obtenu la plus haute précision concerne la méthode IDW pour la hauteur d'inondation.

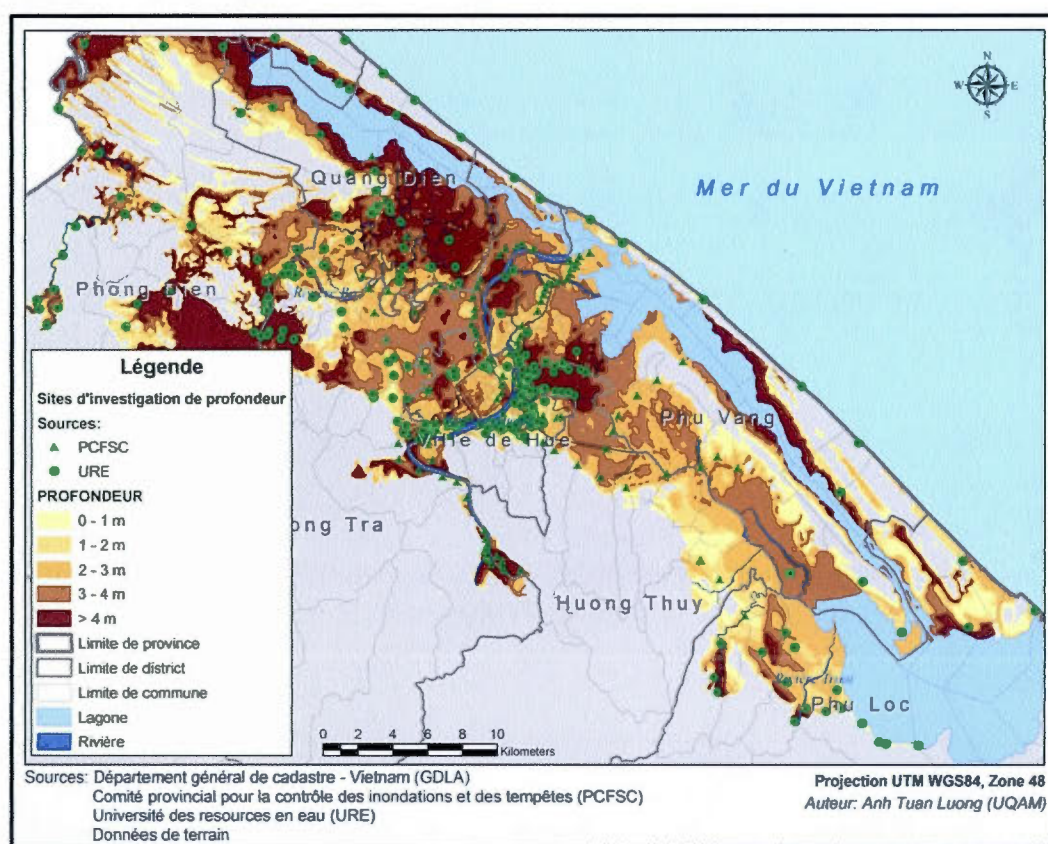


Figure 4.12 Sites d'investigation de la hauteur de l'inondation historique de 1999

4.3.1.3. Calcul de la profondeur d'inondation

La profondeur d'inondation est simplement calculée à partir du MNT et de l'élévation d'inondation, tirés respectivement des données de topographie et des enquêtes de terrain. La précision du MNT et de l'élévation d'inondation peuvent bien évidemment grandement affecter l'estimation des niveaux de profondeur d'inondation.

La méthode d'interpolation qui donne les moins bons résultats est celle des polygones de Thiessen, car toutes les erreurs y sont plus élevées, sauf l'erreur minimum. On utilise le plus souvent ce type d'interpolation en météorologie pour simuler les surfaces de température, de précipitations ou de relief simple (Haberlands, 2007). Les deux méthodes qui donnent les meilleurs résultats sont la distance inverse (IDW) et le Krigeage simple (EQM = 0,28 et 0,27 m). Selon Chaplot et al. (2006), la méthode de l'IDW simule mieux des structures spatiales d'altitude faible en comparaison avec le Krigeage. Le tableau 5.1 montre qu'en fait toutes les méthodes d'interpolation peuvent être utilisées dans l'étude. Les erreurs EQM de précision altimétrique sont en effet inférieures à 0,5 m, ce qui est un niveau d'erreur acceptable quand on utilise la carte topographique à l'échelle 1 : 24 000 (Sanders, 2007). Pour des raisons de précision et du fait de la disponibilité du modèle d'interprétation, nous avons adopté la méthode de l'IDW pour la construction du MNT et de l'élévation d'inondation dans la province de Thua Thien Hue.

Tableau 4.9 Erreurs obtenues pour chaque méthode d'interpolation

Méthode		Référence	Écart-type	Distribution d'erreurs (m)			
				E_{min}	E_{max}	EAM	EQM
Triangulated Irregular Network (TIN)			0,312	0,02	1,45	0,37	0,35
Polygones de Thiessen			0,415	0	1,68	0,38	0,47
Proportionnelle à la distance	Inverset (IDW)		0,271	0	1,12	0,31	0,28
	Linéaire (LDW)		0,279	0,01	1,18	0,31	0,29
Krigeage	Ordinaire		0,269	0,02	1,18	0,37	0,27
	Simple		0,269	0,01	1,29	0,32	0,29

Écart-type : Écart-type des erreurs;
E_{max} : Erreur maximale;
E_{min} : Erreur minimale;
EAM : Erreur absolue moyenne;
EQM : Erreur quadratique moyenne.

4.3.2 Caractérisation de la durée

Idéalement, la durée d'inondation est caractérisée à partir d'une série d'images satellitaires prises après une inondation historique (Layguer, Fellah et al. 1997; Hagg and Sties 1998). Cependant, la difficulté de cette méthode réside dans l'acquisition et la disponibilité quotidienne des images satellitaires durant les jours suivant l'inondation ainsi que les coûts élevés de ces images pour celles à haute résolution spatiale. Dans le cadre de notre d'étude, en collaboration avec RadarSat International (RSI) et le Centre de Télédétection et Géomatique à Hanoi, Vietnam (VTGEO) dans le cadre du projet « *Monitoring rice crops in Vietnam* », nous avons reçu une image RadarSat unique acquise le 7 novembre 1999, soit trois jours après que le niveau maximal de l'inondation historique du 4 novembre 1999 a été atteint.

4.3.2.1. Fusion des images RadarSat et Landsat

La fusion des images permet de faciliter l'interprétation et la pertinence des résultats en combinant des données présentant des caractéristiques différentes (Pohl et Van Genderen, 1998). Dans cette étude, nous avons effectué une fusion de deux sources de données : TM et ETM+ de LANDSAT et RSO de RADARSAT. Il s'agit d'un bon exemple de fusion des images acquises par un capteur sensible au visible et aux infrarouges et de celles acquises par le capteur actif de RSO (Pohl et Van Genderen, 1998). Les informations captées par les images optiques dépendent de la réflectivité multispectrale de la cible illuminée par le soleil ; l'intensité de l'image RSO dépend des caractéristiques de l'illumination de la surface par sa propre rétrodiffusion qui dépend à son tour de sa teneur en eau et de sa rugosité. Les informations obtenues aux deux sources sont donc très différentes. La fusion des images optiques et radar donne d'excellents résultats pour la détection des surfaces en eau en comparaison avec les résultats obtenus à partir de chaque type d'image. Le type de fusion employé est simple, il peut comprendre par exemple les techniques de composition RGB.

Cette technique consiste à assigner une bande spectrale à chacun des canaux des trois couleurs primaires additives (rouge, vert et bleu).

4.3.2.2. Création des compositions colorées

On a pris l'habitude de nommer les compositions ainsi réalisées par trois chiffres commençant par la composante affichée en bleu, suivie de celle affichée en vert puis de celle affichée en rouge. Ce type composition est dit en fausses couleurs car il affiche le canal proche infrarouge en rouge, ce qui fait ressembler cette image à une photographie couleur en infrarouge. Une autre composition ressemble aux couleurs naturelles, alors que les compositions qui utilisent les canaux de l'infrarouge moyen apportent une information intéressante sur la végétation et les sols. Pour la fusion des images TM, ETM+ de LANDSAT et RadarSat nous avons essayé différentes compositions. C'est, la composition infrarouge de fausses couleurs (rouge : RadarSat, vert : canal 3 de ETM+ et bleu : canal 2 de ETM) qui a été retenue, parce qu'elle permet de distinguer efficacement la surface d'eau et les autres objets (figure 4.14).

Sur la composition colorée incluant l'image radar, on peut plus facilement distinguer les superficies en eau qui apparaissent en vert foncé.

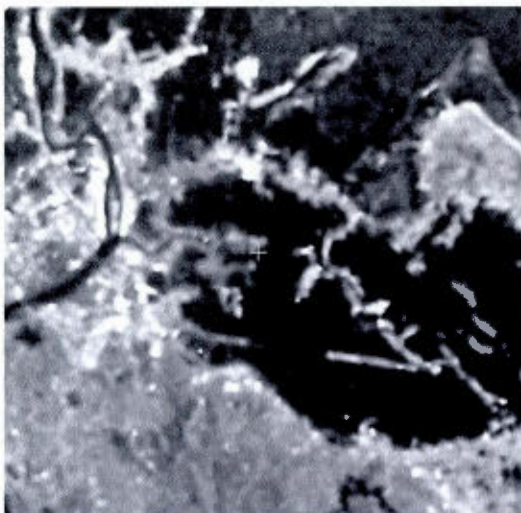


Image RadarSat

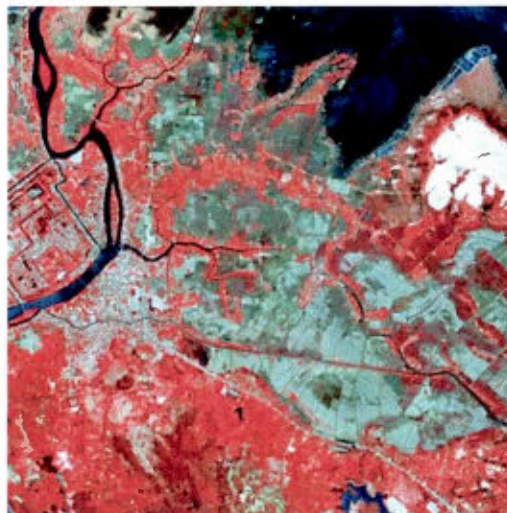
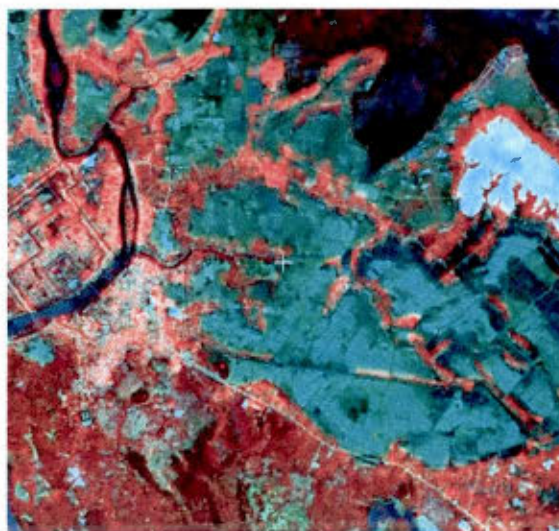


Image ETM+ de Landsat en composition colorée (canaux 2,3,4)

Fusion image RadarSat et ETM
(Canaux 2,3 de ETM+ et RadarSat)**Figure 4.13 Fusion des images RadarSat et Landsat ETM+**

4.3.2.3. Extrait de la superficie en eau

La classe d'eau est très bien affichée sur l'image RadarSat. Elle est très facile à distinguer les autres zones par un seuil spectral évident. Cependant la surface d'inondation ne contient pas toute superficie en eau dans cette image si on ne compte pas de la superficie en eau permanente. La composition couleur entre l'image RadarSat et les canaux spectraux des

images Landsat-ETM+ permet d'afficher la distinction entre la zone inondable et les autres zones. On peut constater que les zones de sol humide, qui peut être la zone d'agriculture (riz ou les autres types de culture sont déjà cultivé) sur l'image acquise le 2 juin 2001, semblent être des zones inondables. En réalité, c'est logique dans notre zone d'étude parce que ces zones sont situées dans la plus basse altitude. Comment pourra-on extraire ces zones? La variété spectrale autour de la limite entre eau et les autres objets est très complexe dans les deux images. Il serait difficile de supposer qu'un pixel qui peut être l'eau inondé ou les autres zones dans les zones frontières. La logique floue habituellement est utilisée pour considérer l'attribut d'un pixel frontière (pixel flou) en fonction de la portion spectrale des classes (par exemple 60% eau, 40% forêt) dans ce pixel (Aronoff 2005). Notre logique floue dans ce cas tente d'identifier les groupes des pixels flous (groupe floue) dans les zones frontières afin de regrouper ces pixels à une de trois classes supposée : Eau permanente, inondation ou les autres objets. Pour trouver les classes spectrales naturelles, la classification dirigée basée sur la statistique spectrale des zones d'entraînement n'est pas appliquée dans ce cas, parce qu'il est difficile de prendre les petits échantillons dans les zones frontières. La méthode de classification non dirigée a été retenue pour sa rapidité, sa facilité d'application et sa capacité à traiter des ensembles de données pour extraire les classes spectrales naturelles avec l'interaction des valeurs spectraux (Luong 2001). Les étapes de cette classification sont réalisées automatiquement par un algorithme itératif de regroupement (K-Mean) pour déterminer les groupes spectraux naturels (Lillesend and Kiefer 1987) présentés dans l'ensemble des canaux de l'image Landsat-ETM+ et image RadarSat. D'abord pour assurer une discrimination détaillée, nous avons retenu 10 classes. Ces classes ont été converties en masques afin de pouvoir comparer itérativement la classe proposée et la composition colorée de l'image Landsat-ETM+ et l'image RadarSat. Les attributs des classes initiales, notamment les classes floues dans les zones frontières sont basés sur ses positions, forme et contexte afin de regrouper en trois classes correspondant aux thèmes recherchés : surface d'eau d'inondation, la surface d'eau permanente (rivière, lac ...) et les autres objets (Luong 1996). Elles sont présentées à la figure 4.14.

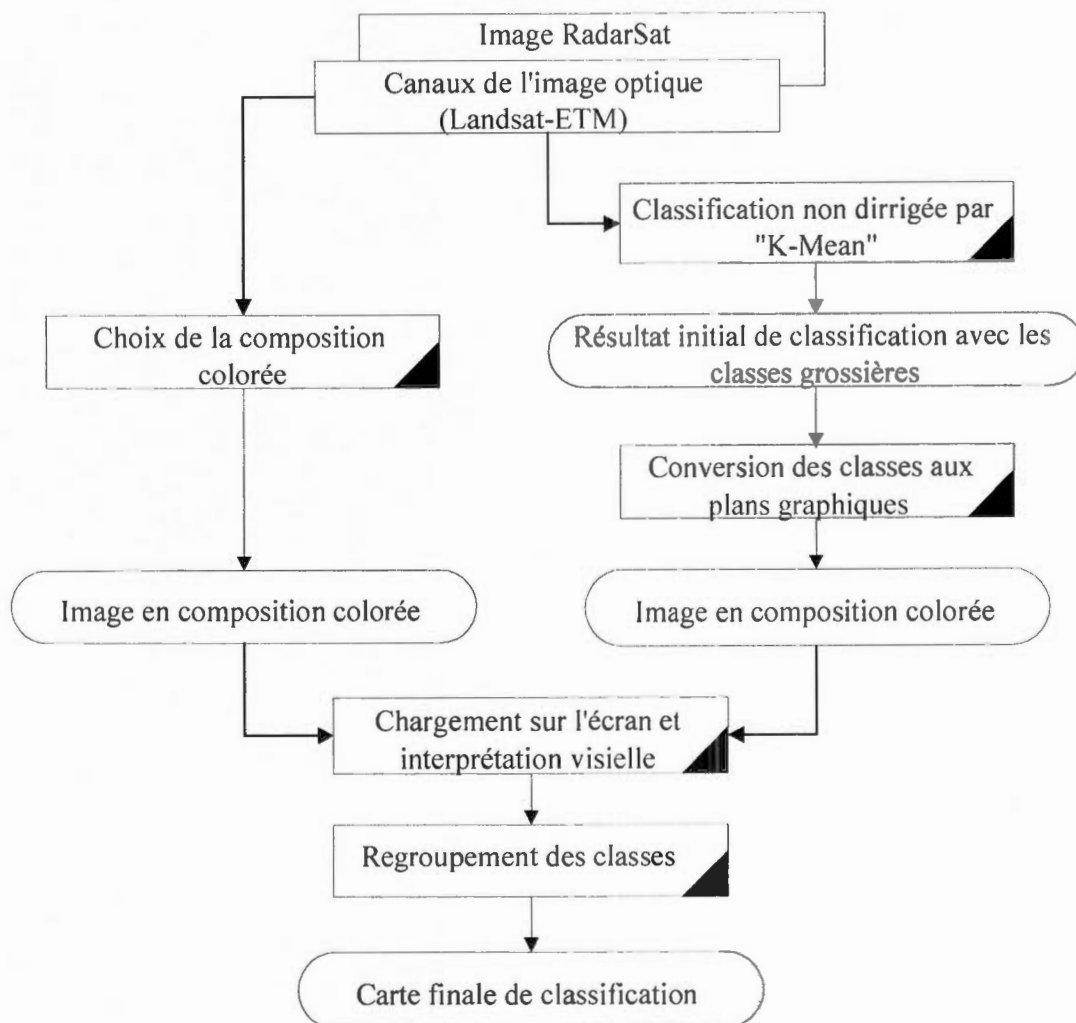


Figure 4.14 Procédure de classification non dirigée

4.4 Analyse de vulnérabilité des communautés

Tel que mentionné dans le premier chapitre, une approche de la vulnérabilité devra se baser sur l'être humain (individus ou en groupes) qui subit un impact lié aux catastrophes, ce qui justifie la remarque suivante « Sans les hommes, il n'y a pas de catastrophe' » (O'Keefe, Westgate et al. 1976). Le concept de vulnérabilité peut donc être défini comme la sensibilité d'une région défavorablement influencée où le phénomène de danger naturel et la capacité de la région contre ces influences (Petrova 2006). L'évaluation de la vulnérabilité considère

l'impact potentiel d'une catastrophe ainsi que la vulnérabilité de l'endroit où la catastrophe se produit (Renfroe and Smith 2008). Ces évaluations sont basées sur des considérations d'ordre global et aussi sur les critères ou indicateurs socio-économiques spécifiques de notre zone d'étude qui peuvent être affectés par l'inondation. Une théorie de la vulnérabilité à l'inondation doit porter sur la nature collective de la vulnérabilité d'un groupe ou d'une communauté à l'impact d'inondation, impliquant un ensemble complexe de facteurs, y compris les conditions socio-économiques. Dans notre étude, l'échelle administrative la plus détaillée est la commune, niveau choisi pour collecter les données concernant des vulnérabilités. Il y a un grand nombre de facteurs sociaux impliqués dans la vulnérabilité collective (la pauvreté, le sexe, l'âges et d'autres de la vulnérabilité (Blaikie, Cannon et al. 1994). Par exemple, Cannon (1994) indique que les actifs tendent à être redistribués après une inondation, conformément à la réforme existante de propriété, donc les revenus et les activités économiques sont un indicateur approprié aux critères de vulnérabilité (Canon 1994).

En général, la vulnérabilité socio englobe les perturbations des moyens d'existence et la perte de sécurité, notamment pour les groupes vulnérables, elle est souvent liée à la situation économique et sociale sous-jacentes (Monirulislam and Sado 2000). La vulnérabilité englobe également l'accès aux ressources et aux services publics, ainsi que le contexte culturel et historique (Adger 1999). Suite à nos discussions avec les autorités provinciales et les représentants des autorités communales, nous avons choisi sept catégories de vulnérabilités qui peuvent être observées grâce à des indicateurs quantitatifs et qualitatifs décrivant ses causes et ses conséquences.

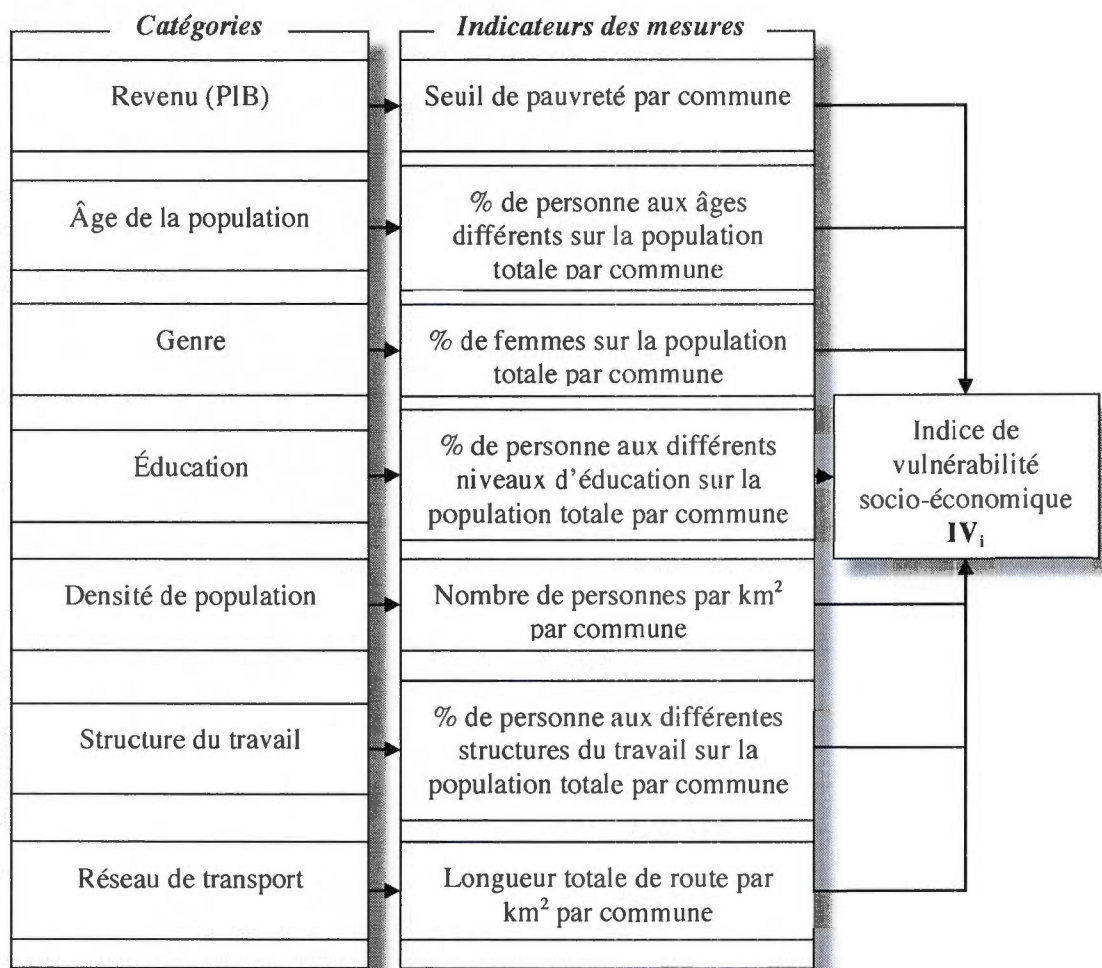


Figure 4.15 Analyse de la vulnérabilité socio-économique

4.4.1 Pauvreté

La pauvreté est un aspect important de la vulnérabilité en raison de son lien direct avec l'accès à des ressources et avec l'adaptation de base contre les effets des phénomènes extrêmes. En outre, certains aspects de l'accès ont une dimension éminemment spatiale, en corrélation avec la pauvreté (Adger 1999). Les lieux relevant la sphère de pauvreté, considérées en termes économiques comme des zones marginales sont concernées par une hausse des coûts d'accès. Par exemple, le transport de zones marginales vers les centres administratifs où les endroits sécuritaires ne compte pas seulement la distance, mais il rencontre à la fois des impacts de dangers plus élevés à cause d'autres types de risque comme

les effets d'un tremblement de terre ou de terres sujettes aux inondations, ce sont les deux éléments de la vulnérabilité spatiale en interaction avec la pauvreté (Adger 1999). La pauvreté en fonction de la vulnérabilité est considérée comme la capacité des communautés à réduire les risques (Glewwe et van der Gaag 1990). Lorsqu'on tente de quantifier la pauvreté, le revenu est considéré comme un indicateur économique pertinent, tout en reconnaissant qu'il s'agit d'une mesure externe, mais qui est en corrélation avec d'autres aspects non moins pertinents de la pauvreté en fonction de la vulnérabilité, par exemple l'accès à des services de santé (Glewwe et van der Gaag 1990).

Le seuil de pauvreté utilisé dans cette étude est le «seuil de pauvreté globale» tiré de l'analyse de l'enquête sur le niveau de vie au Vietnam en 1997-98, plus particulièrement du rapport de « Combattre la pauvreté » (GSO 2000). Le seuil de pauvreté correspond aux dépenses nécessaires à l'achat de 2 100⁵ kcals par personne et par jour selon le panier alimentaire des ménages du troisième quantile, plus une allocation non alimentaire égale à ce que les ménages du troisième quintile consacrent à des articles non alimentaires. Le seuil de pauvreté a été fixé à 1 789 871 dôngs/personne/an (équivalant à 100 dollars canadiens), mais les dépenses de consommation dans l'enquête ont été ajustées en utilisant les indices des prix mensuels et régionaux pour compenser les différences dans le coût de la vie au cours de l'enquête et selon les régions.

Cette méthode permet d'estimer l'incidence de la pauvreté, définie comme la proportion de personnes vivant en dessous du seuil de pauvreté. Cette mesure, parfois notée P_0 , est une des catégories de mesures de la pauvreté identifiée par Foster-Greer-Thorbecke (FGT) (1984). Ces mesures de la pauvreté peuvent être exprimées comme suit (Jha and Sharma 2003):

$$P_{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M \left[\frac{z - y_i}{z} \right]^{\alpha} \quad (4.2)$$

Où :

⁵ 2 100 kcals : l'énergie standard par jour pour une personne

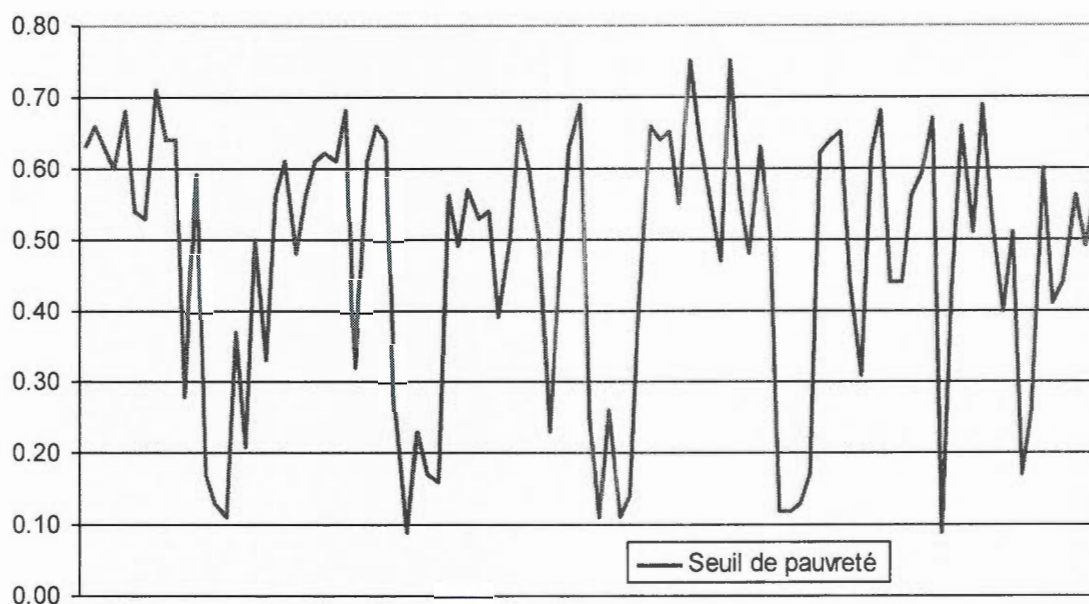
z : seuil de pauvreté

y_i : revenu d'une personne i dans un ménage pauvre

N : nombre total de population

M : nombre de personnes dans le ménage pauvre

L'utilisation de différentes valeurs de α dans l'équation 4.2 donnera différentes mesures de la pauvreté. Lorsque $\alpha = 0$, cette formule donne l'incidence de la pauvreté. Le résultat entre parenthèses étant toujours un, la somme nous donne donc le nombre total de personnes dans les ménages pauvres. Lorsqu'elle est divisée par N , on obtient la proportion de personnes vivant dans des ménages pauvres. Lorsque $\alpha = 1$, cela donne une mesure appelée la profondeur de la pauvreté (ou l'écart de pauvreté). P_1 prend en compte non seulement combien de personnes sont pauvres, mais aussi dans quelle mesure elles sont pauvres en moyenne. Ce chiffre est égal à l'incidence de la pauvreté (P_a) multipliée par l'écart moyen en pourcentage entre le seuil de pauvreté et le revenu des pauvres. Lorsque $\alpha = 2$, cette équation donne une mesure appelée la sévérité de la pauvreté (ou l'écart de pauvreté au carré). P_2 prend en compte non seulement combien de personnes sont pauvres et dans quelle mesure elles le sont, mais aussi le degré d'inégalité des revenus parmi les ménages pauvres. Il est égal à l'incidence de la pauvreté (P_a) multipliée par l'écart en pourcentage au carré moyen entre le seuil de pauvreté et le revenu des pauvres.



Source donnée : Bureau général de statistique du Vietnam (GSO), 1999

Figure 4.16 Seuil de pauvreté par commune

4.4.2 Caractéristiques démographiques

Lorsque des catastrophes surviennent, elles ne touchent pas toutes les personnes de la même façon. En planification d'urgence, il est important d'accorder une attention particulière aux personnes qui sont considérées comme à risque i.e. les « plus vulnérables » (Kuban and MacKenzie-Carey 2001). Les caractéristiques démographiques sont considérées comme un des facteurs de vulnérabilité des gens face aux inondations. Elles portent sur la capacité des gens au niveau de la santé, de l'évacuation et ainsi que sur la probabilité de dommages. Des études menées sur le sujet en Allemagne ont démontré la relation entre les caractéristiques démographiques et les impacts d'inondation (tableau 4.10).

Tableau 4.10 Caractéristiques démographiques en fonction de la vulnérabilité

Caractéristiques démographique	Caractéristiques de haute vulnérabilité	Caractéristiques de haute capacité
Personnes Âgées	Souffrance physique et conséquences sur la santé (Steinführer and Kuhlicke 2007) Moins capables d'exécuter efficacement les mesures d'urgence (Thieken, Kreibich et al. 2007) Difficulté de trouver les abris en cas d'urgence (Birkmann, Krings et al. 2008)	
Personnes très jeunes	Besoin de plus de temps pour évacuer (Birkmann, Krings et al. 2008)	Moins de souffrance physique et de conséquences pour la santé (Steinführer and Kuhlicke 2007)
Sexe		Sexe féminin: une plus grande perception des risques et de préparation à l'action (Martens and Ramm 2007)
Éducation	Faible niveau : recevoir moins d'information (Steinführer and Kuhlicke 2007)	Haut niveau : capacité d'effectuer des mesures d'urgence efficaces (Steinführer and Kuhlicke 2007)

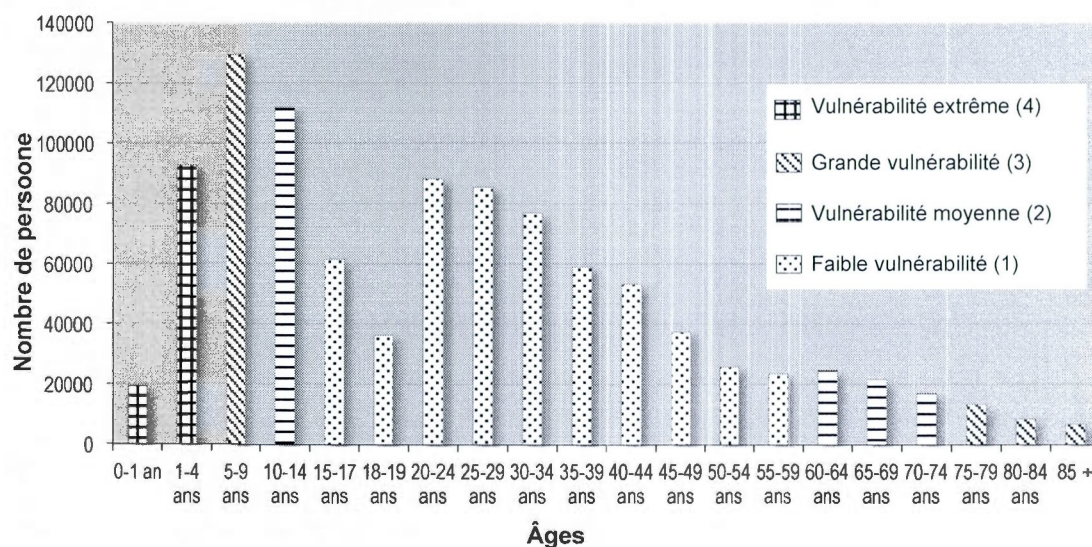
4.4.2.1. Structure par Âge

Dans certains rapports d'enquête portant sur les impacts des inondations sur l'être humain, le seuil d'âge pour les personnes âgées est fixé à plus de 65 ans et pour les très jeunes à moins 2 ans en raison de leur capacité d'évacuation et leur vulnérabilité de la santé (Horney, Snider et al. 2008). Une autre étude épidémiologique effectuée dans le nord-est de l'Angleterre a démontré que les personnes âgées de 75 ans et plus sont plus vulnérables en termes d'incidence et de gravité des maladies étant particulièrement sensibles à l'humidité, et au froid pendant l'inondation.

Donc, l'évaluation de la vulnérabilité varie en fonction des âges pour deux raisons : la capacité d'évacuation et la sensibilité aux maladies.

Pour la province de Thua-Thien-Hue, la discussion avec les représentants de 16 communes inondées menée durant le processus de PRA a démontré différents niveaux de vulnérabilité en fonction des âges :

- les enfants de 0 à 4 ans : vulnérabilité extrême (pondération : 4)
- les enfants de 5 à 9 ans : grande vulnérabilité (pondération : 3)
- les enfants de 10 à 14 ans : vulnérabilité moyenne (pondération : 2)
- les jeunes et les adultes de 15 à 59 ans : faible vulnérabilité (pondération : 1)
- les gens âgés de 60 à 74 ans : vulnérabilité moyenne (pondération : 2)
- les gens âgés plus de 75 ans : grande vulnérabilité (pondération : 3)



Source : Bureau de la statistique du Vietnam (GSO)

Figure 4.17 Répartition de la population en fonction de la vulnérabilité par âge

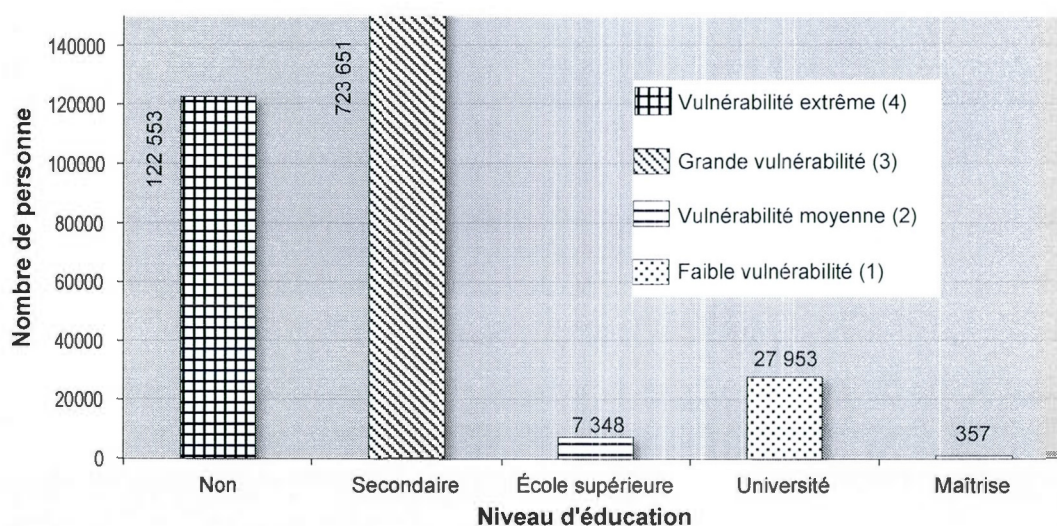
4.4.2.2. Sexe

Les inondations ont un impact différent sur les hommes et les femmes. Les femmes sont plus vulnérables tant niveau physique que psychologique (Tapsell, Penning-Rowsell et al. 2002). Les femmes et les enfants sont souvent plus vulnérables que les hommes face aux inondations, en raison de la division du travail dans leur société, les femmes étant généralement à la maison et les enfants à l'école ou à la maison (Kleinen 2006).

Le pourcentage de femmes sur le total de la population est calculé pour savoir l'équilibre en termes de genre par commune. Les taux plus élevés correspondent à un plus haut niveau de vulnérabilité en fonction du genre.

4.4.2.3. Éducation

Dans le domaine de la recherche de la vulnérabilité, le changement pourrait être lié à une meilleure éducation (Hufschmidt, Crozier et al. 2005). On peut identifier certains groupes sociaux au niveau d'éducation qui pourraient avoir de la difficulté à comprendre les avertissements concernant les inondations et les autres informations (Fekete 2009). Donc, les personnes à bas niveau d'éducation risquent de recevoir moins d'aide (Steinführer and Kuhlicke 2007) et celles à haut niveau d'éducation seront au contraire capables d'appliquer efficacement des mesures d'urgence (Thieken, Kreibich et al. 2007). La collecte des opinions des participants des communautés dans le cours de formation de PRA dans les provinces centrales du Vietnam a permis d'associer les niveaux d'éducation en fonction de quatre niveaux de vulnérabilité (figure 4.18).



Source : Bureau de la statistique du Vietnam (GSO)

Figure 4.18 Population en fonction de la vulnérabilité et du niveau d'éducation

4.4.2.4. Densité de population

Parmi les facteurs qui augmentent l'impact des catastrophes naturelles telles que l'inondation, il y a la densité et la croissance démographique (Hansson, Danielson et al. 2008). La densité de population est une variable importante au niveau de l'évaluation des impacts d'inondation, parce qu'elle fournit le moyen de mesurer le nombre de personnes qui peuvent être les victimes de cette catastrophe (P.Stoltman, Lidstone et al. 2004). Les plus fortes densités de population correspondent aux zones urbaines, lesquelles jouent donc un double rôle : la promotion de l'éducation et des services, et aussi l'accroissement des conditions favorables aux maladies infectieuses par la surpopulation et la pollution (Williams 1990). Ces effets sont souvent aussi pires pour un pays en voie de développement que pour un pays développé. En effet et à titre d'exemple, on sait que le manque d'hygiène et d'infrastructures d'assainissement facilitent la propagation de maladies telles que le choléra après une inondation. En outre, la malaria se propage d'autant plus facilement à cause de grandes quantités d'eau stagnante (Hansson, Danielson et al. 2008). Par ailleurs, les dommages causés par l'inondation sont plus graves dans la zone de haute densité de population et ce même dans les pays développés. Par exemple, le long des montagnes côtières de la Californie, les inondations produisent des millions de dollars de dommages matériels et des accidents mortels (NAS 2005).

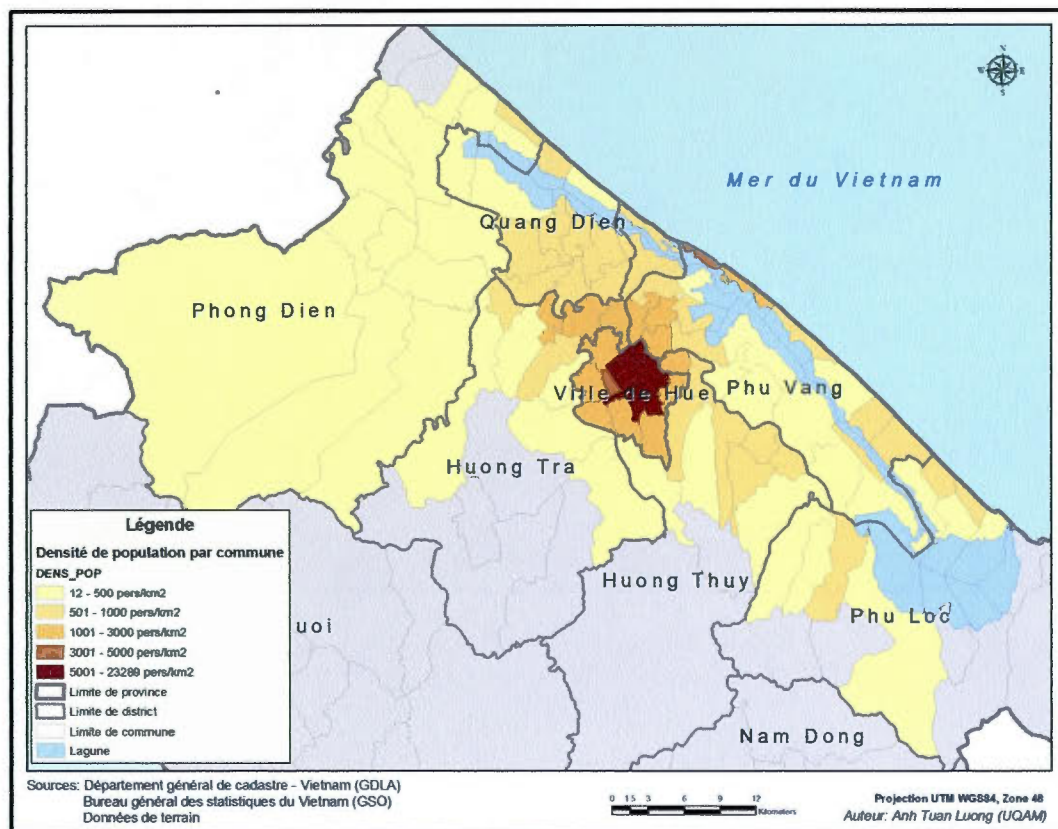


Figure 4.19 Densité de population dans les communes inondables

4.4.2.5. Composition ethnique

Thua-Thien-Hue, comme toutes les provinces au Vietnam, est marquée par une opposition sur le plan ethnique entre le groupe majoritaire et les groupes minoritaires. La plupart des groupes minoritaires du Vietnam vivent en zone montagneuse (Van de Walle and Gunewardana 2001). Les Kinh sont souvent majoritaires et ils vivent généralement plus volontiers dans les zones de plaines, mais certains ont toutefois déménagé vers les régions des plateaux dans le cadre de programmes de relocalisation. Dans les plateaux de la province de Thua Thien-Hue, les Ca-Tu et les Ta-Oi forment deux groupes minoritaires dominants (Ogle, Hung et al. 2001). Ces deux groupes ont toujours pratiqué l'agriculture sur brûlis dans les clairières des forêts. Cependant, depuis 1975 (la fin de la guerre), ils sont passés des brûlis à l'agriculture sédentaire dans les vallées de montagnes ou à l'aquaculture dans les zones de

plaines (Ogle, Hung et al. 2001). Aujourd'hui, la distribution des groupes ethniques est très disparate, on peut observer une forte proportion de groupes minoritaires dans quelques communes marginales et aussi dans le centre de la province, dans la ville de Hue (figure 4.20). Donc, l'ethnie ne semble pas devoir être considérée comme un facteur de vulnérabilité dans notre étude d'analyse des risques d'inondation.

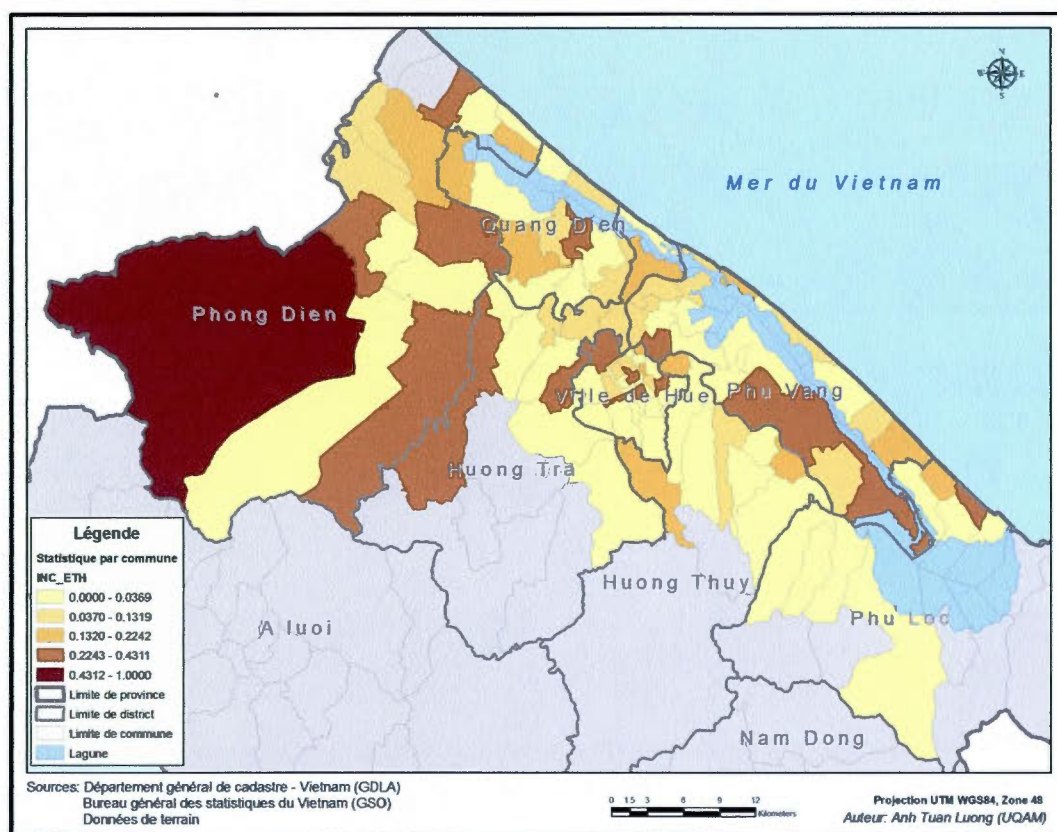


Figure 4.20 Distribution des ethnies minoritaires (pourcentage de membres de groupes minoritaires sur la population totale par commune)

4.4.2.6. Diversité des sources de revenu et structure du travail

La dépendance des ressources dans ce contexte peut être caractérisée par la structure, la diversité des revenus, la stabilité sociale et la résilience (Machlis, Force et al. 1990). La diversité des sources de revenu et leur variabilité dans le temps peuvent être utilisées comme un indicateur de la vulnérabilité au niveau du ménage. Cela suppose que plus les revenus sont

divers plus la résilience des moyens de subsistance s'accroît vis-à-vis d'éventuelles interruptions provenant de sources particulières (Adger 1999). La variabilité des sources de revenus en fonction d'événements climatiques ou environnementaux peut être analysée à travers la classification des sources de revenus selon le climat, donnant ainsi un indicateur de l'importance du climat sur le niveau de revenu des ménages (Ellis 1998).

La diversification des sources de revenu peut être une stratégie pour minimiser la dépendance afin de réduire la vulnérabilité des ménages (Ellis 1998), en particulier, dans le cas de l'apparition d'une catastrophe, comme une inondation. Dans le cas de notre étude, à cause des lacunes en matière de données statistiques sur la diversité des revenus, ce facteur a été évalué à partir de deux aspects : la structure du travail et l'occupation du sol. La diversité de sources de revenu peut être présentée au niveau d'une commune par l'occupation du sol, parce que les gens locaux cultivent toujours la terre dans leur commune. L'étude de J.W. Gowing et al. (2006) dans le delta Mékong a montré que l'évaluation des dommages économiques associés aux inondations peut être calculée à partir des revenus totaux selon différents types d'occupation du sol dans les zones inondées (le riz, l'aquaculture, le résidentiel, et etc.) (Gowing, Tuong et al. 2006). Donc, la vulnérabilité des communautés dans ce cas est considérée comme les dommages potentiels à l'économie (analysés plus loin). Au niveau de la vulnérabilité en fonction de la structure du travail, après discussion avec les participants communaux, il apparaît que les handicapés sont le groupe qui doit recevoir le plus d'aide financière ; les chômeurs et les non-employés (les retraités, les non-identification) sont constituent le groupe de revenu nul ; les ménagères et les étudiants (qui peuvent travailler à temps partiel) sont le groupe de revenu incertain ; les autres travailleurs sont classés dans le groupe de revenu stable. Les vulnérabilités correspondantes peuvent être divisées selon quatre niveaux : vulnérabilité extrême, grande vulnérabilité, vulnérabilité moyenne et faible vulnérabilité (figure 4.21)

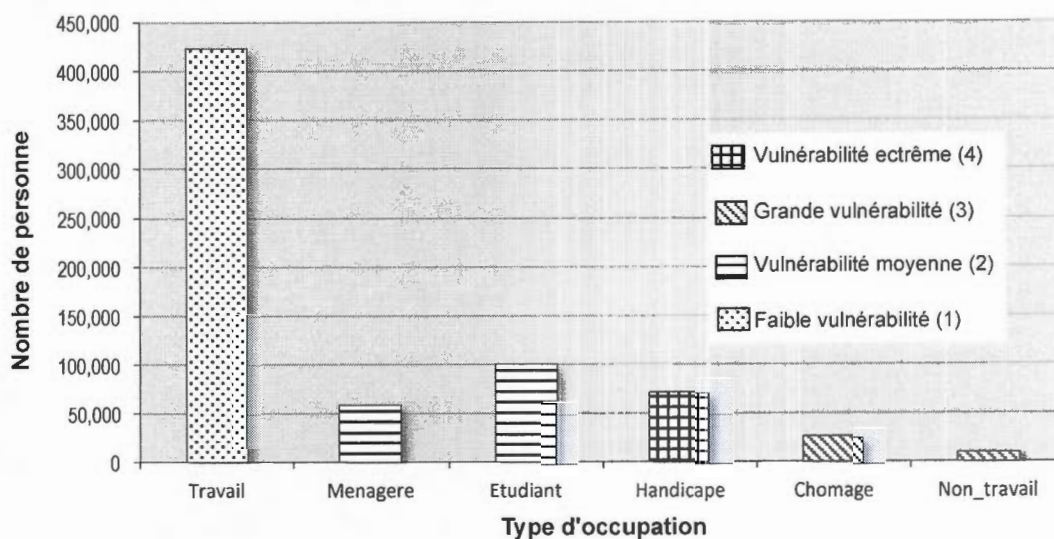


Figure 4.21 Type d'occupation et vulnérabilité

4.4.3 Accès aux services publics et aux réseaux de transport

La densité de population dans les zones montagneuses est moins forte que celle des zones plaines. Au niveau économique, les zones dont la densité de population est basse subissent moins de dommages quand il y a une inondation (Nguyen, Phuoc et al. 2000). Cependant, la distribution de la population dans ces zones cause des problèmes pour l'organisation des opérations d'évacuation et de sauvetage car elle est en général très éparse dans ces zones. Beaucoup de gens se retrouvent de ce fait localisés loin des routes nationales, provinciales ou des centres économiques et administratifs (Barcellos and Sabroza 2001). Le problème devra être pris en compte plus particulièrement dans les pays en voie de développement, du fait de la faible disponibilité d'équipements de sauvetage moderne et d'accès aux services de santé et d'éducation (Barcellos and Sabroza 2001). En plus, il y a une relation entre la pauvreté et la localisation des habitations, les pauvres ayant tendance à vivre dans les zones plus « marginales » et plus loin des services publics (Nguyen, Phuoc et al. 2000). La densité du réseau de transport nous a aidé à quantifier la capacité d'accès aux services publics des gens selon différents niveaux de vulnérabilité (Van de Walle 2002). Les zones ayant une moins grande densité de transport regroupent en général des gens plus vulnérables que ceux vivant dans les zones ayant une plus forte densité de transport.

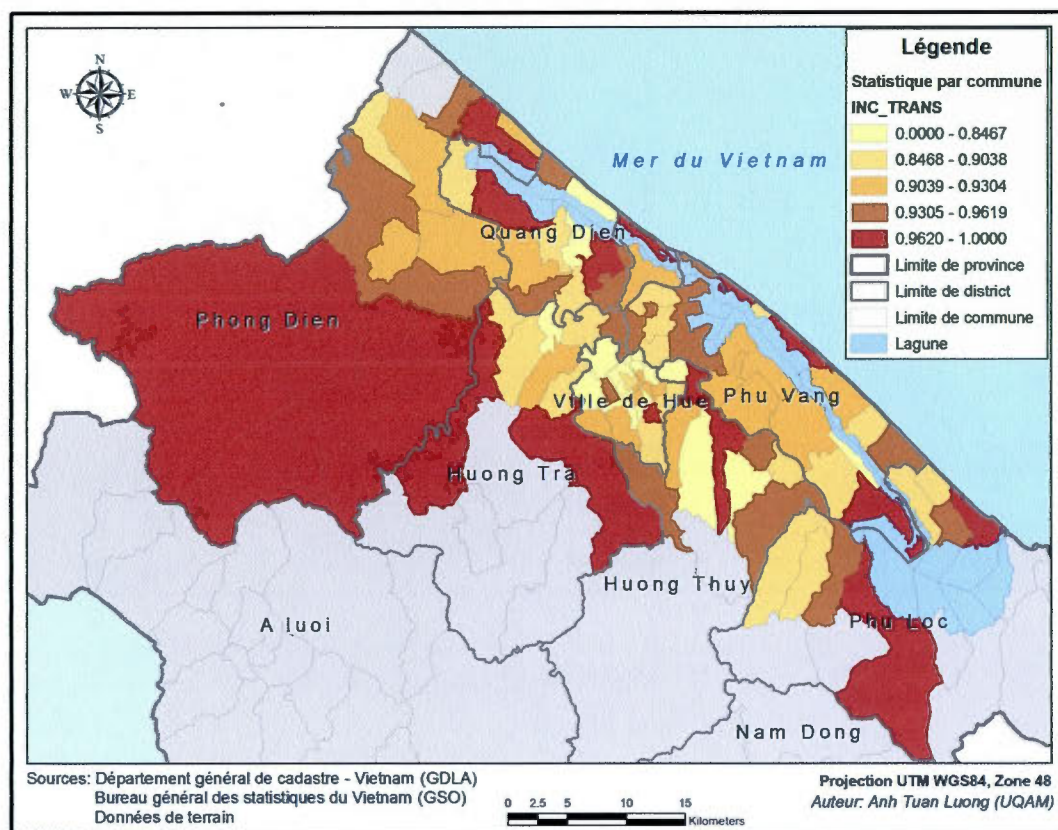


Figure 4.22 Densité des réseaux de transport dans les communes inondables

4.5 Occupation du sol et dommages potentiels

4.5.1 Cartographie de l'occupation du sol

Les données utilisées dans cette étude sont des images Landsat-ETM+ : les bandes multispectrales et la bande panchromatique, ainsi qu'une image panchromatique EROS-B. Les cartes d'occupation du sol effectuées par les communautés de 16 communes ayant participé à la formation PRA ont été utilisées comme références pour valider les classifications de l'occupation du sol. L'utilisation de chaque type de données de télédétection est présentée en détail dans le tableau 4.2 de la partie précédente. Les données complémentaires utilisées dans cette étude sont des données statistiques annuelles, les calendriers des cultures et des mesures sur le terrain. La méthode d'établissement des risques d'inondation en fonction de l'occupation du sol est présentée dans la figure 4.23.

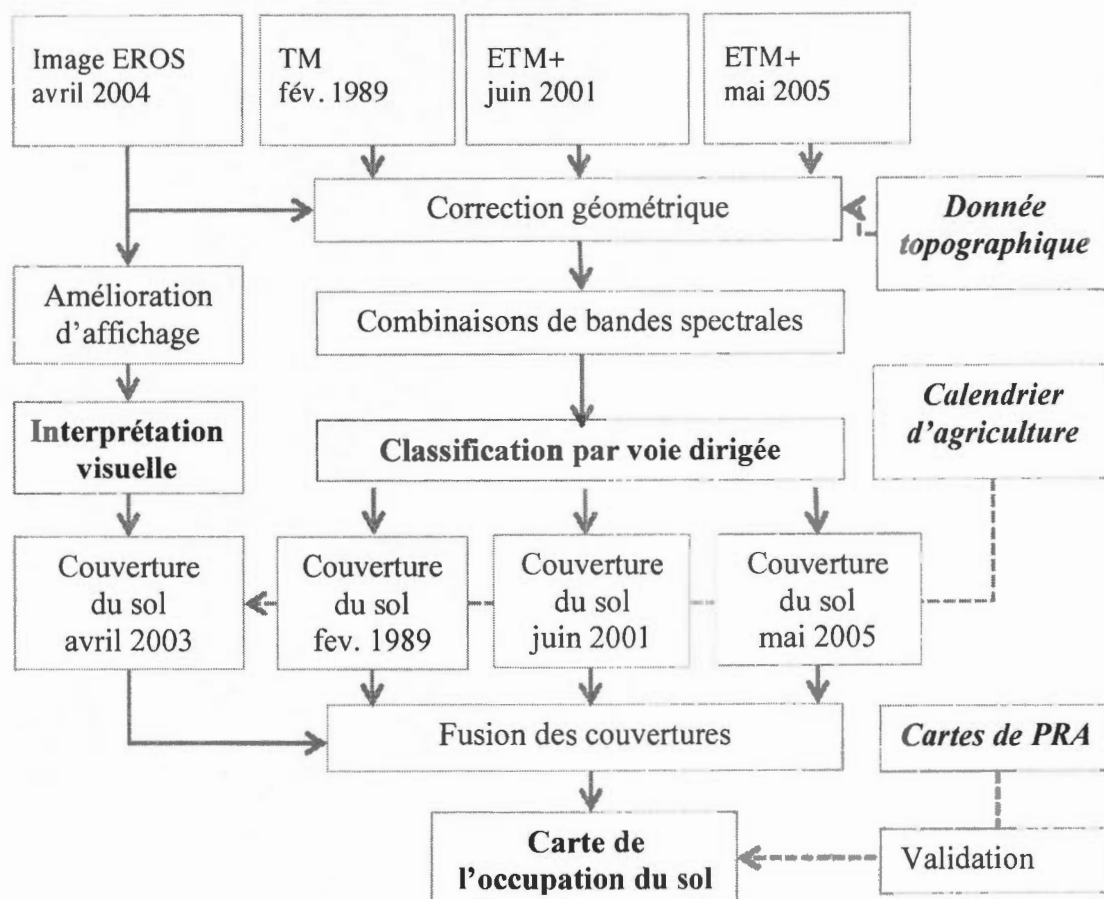


Figure 4.23 Cartographie d'occupation du sol

4.5.1.1. Correction radiométrique

Le but de cette correction est la conversion des valeurs numériques de chaque canal spectral en grandeur exprimée en unité physique correspondante. Nous avons appliqué la procédure proposée par Brian L. Markham and John L. Barker (Brian and John, 1986). Les équations et les coefficients d'étalonnage des satellites LANDSAT 4 et LANDSAT 5 correspondant aux images LANDSAT 7 traitées sont présentés ci-dessous :

L'équation de conversion des valeurs numériques spectrales en luminance spectrale exo atmosphérique :

$$L_{\lambda} = LMIN_{\lambda} + \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX} \right) QCAL \quad (4.3)$$

Où :

QCAL : compte numérique pour la bande spectrale

LMIN_λ : luminance spectrale quand QCAL=0

LMAX_λ : luminance spectrale quand QCAL=QCALMAX

Et L_λ : luminance spectrale de la bande

QCALMAX égale 255 pour toutes les données ETM

Les valeurs maximum et minimum de la luminance spectrale sont présentées dans le tableau 4.10.

Tableau 4.11 Luminances spectrales LMIN_λ et LMAX_λ (mW.cm-2.ster-1.μm-1)

Bande	LMIN _λ	LMAX _λ
TM1	-6.200	194.300
TM2	-6.000	202.400
TM3	-4.500	158.600
TM4	-4.500	157.500
TM5	-1.000	31.760
TM6L	0.000	17.040
TM6H	3.200	12.650
TM7	-0.350	10.932
TM8	-5.000	244.000

L'équation de conversion de luminance spectrale en réflectance effective s'écrit :

$$\rho = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad (4.4)$$

Où :

ρ : Unités de réflectance apparente au satellite

ESUN _{λ} : Irradiance spectrale exo atmosphérique

L_{λ} : Luminance spectrale

d : distance entre le soleil et la terre

θ_s : Angle zénithal du soleil

Les valeurs de l'irradiance spectrale de chaque bande sont présentées dans le tableau 4.11.

Tableau 4.12 Irradiance spectrale exo atmosphérique du soleil pour LANDSAT7-ETM

Bande	ESUN _{λ} (W.m ⁻² .ster ⁻¹ . μ m ⁻¹)
TM1	1970.000
TM2	1843.000
TM3	1555.000
TM4	1047.000
TM5	227.100
TM7	80.530
TM8	1368.000

Les valeurs des paramètres requis pour les deux dates d'enregistrement de données:

4.5.1.2. Correction géométrique des images satellitaires

Pour l'intégration des données satellitaires entre elles ou avec les autres données de SIG, il est nécessaire d'appliquer des corrections géométriques, avant de pouvoir extraire des informations utiles. Ces images doivent donc être référencées dans un même système de coordonnées planimétriques. Les images ETM+ Landsat reçues sont au niveau 1G, c'est à dire qu'elles ont été automatiquement corrigées pour la géométrie liée aux paramètres de l'orbite. Cependant, nous avons choisi quelques points de contrôle (GCP) sur la carte topographique à 1/50.000 pour vérifier la précision géométrique. Le résultat est satisfaisant, puisqu'on note une erreur de 10.2 mètres (0.34 pixels de TM). L'image ETM+ de juin en

2001 est la plus claire. Donc, elle est traitée pour la correction avec les données topographiques et utilisée comme image de base pour la correction géométrique. Par la suite, toutes les autres images ont été corrigées par rapport à cette image. La zone couverte par des nuages dans l'image TM de Landsat de février 1989 et ETM⁺ de mai 2005 et les secteurs en dehors des zones d'étude pour toutes les données ont aussi été masquées.

4.5.1.3. Sélection des canaux pour les compositions colorées

Compositions colorées

On a pris l'habitude de nommer les compositions ainsi réalisées par trois chiffres commençant par la composante affichée en bleu, suivie de celle affichée en vert puis de celle affichée en rouge. Pour le TM et ETM⁺ de Landsat, une composition appelée TM 2, 3, 4 affiche donc le canal proche infrarouge en rouge, ce qui fait ressembler cette image à une photographie infrarouge fausse couleur. La composition TM 1, 2, 3 ressemble aux couleurs naturelles, alors que les compositions qui utilisent les canaux de l'infrarouge moyen (TM 5 et TM 7) apportent une information intéressante sur la végétation et les sols. Pour l'image TM de LANDSAT, nous avons essayé plusieurs différentes compositions. Enfin, la composition infrarouge fausse couleur est retenue, parce qu'elle permet de distinguer le mieux les objets attendus (figure 4.24).

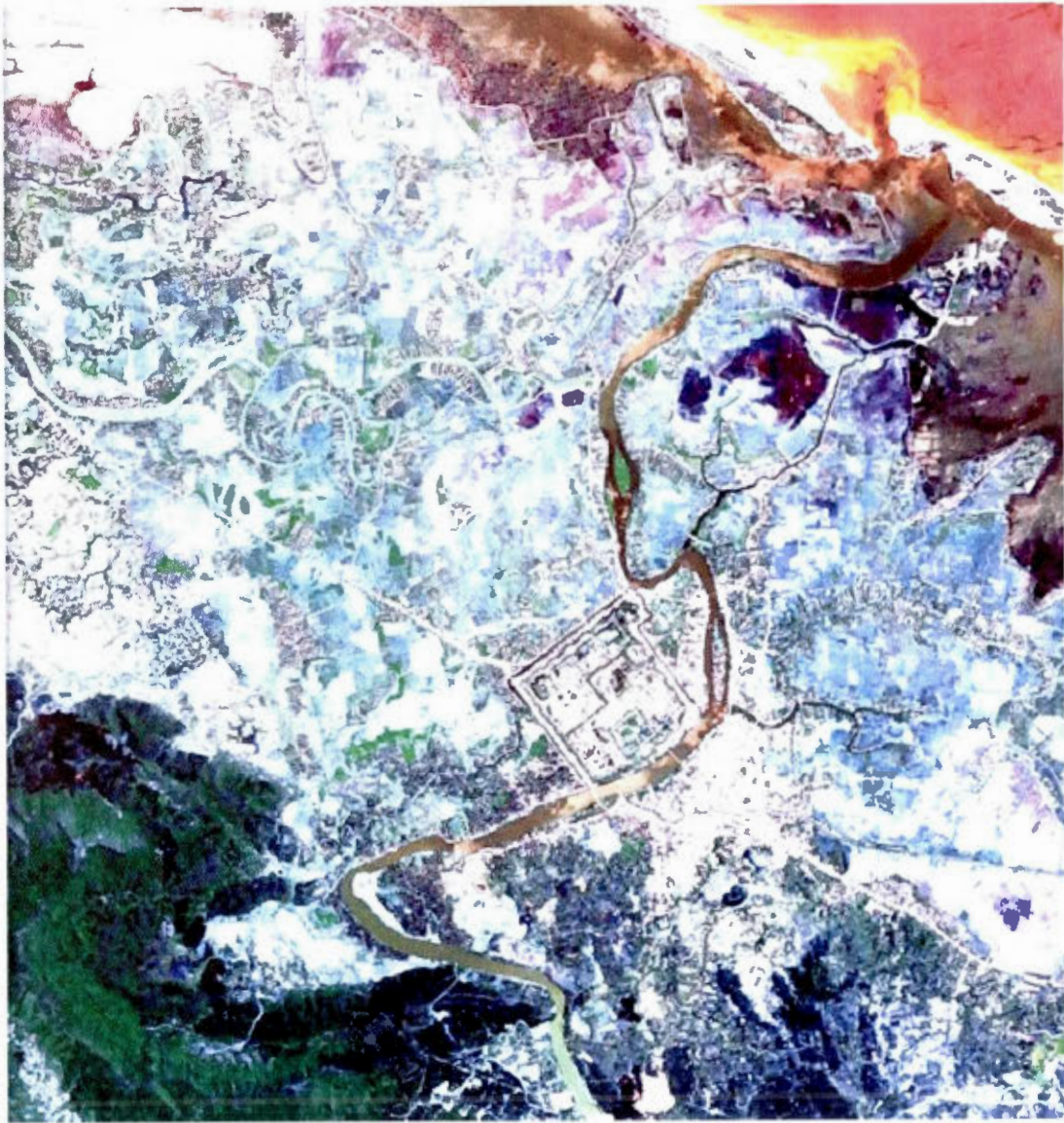


Figure 4.24a La composition naturelle colorée de l'image Landsat-ETM

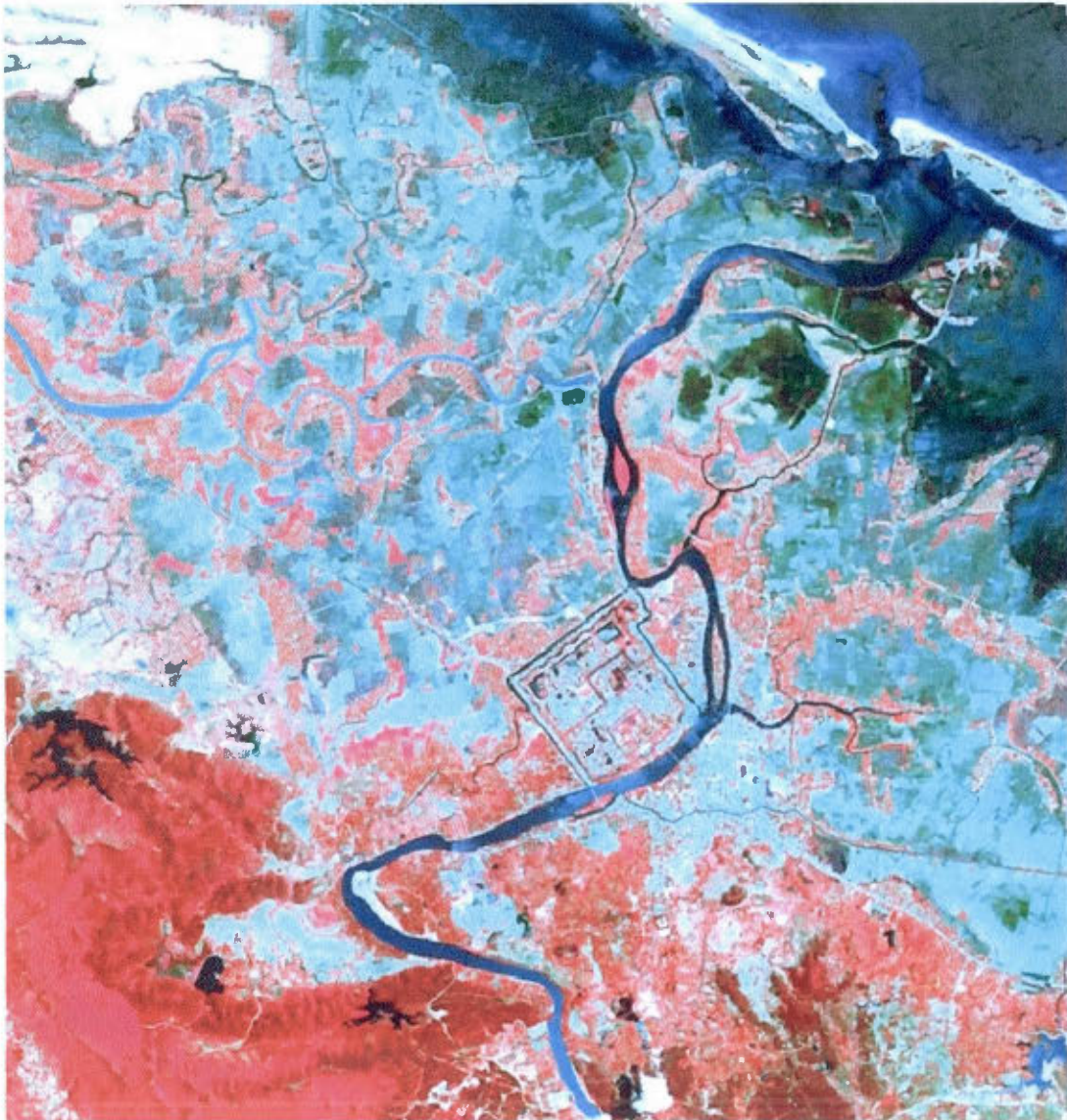


Figure 4.24b La composition fausse colorée de l'image Landsat-ETM

Les comportements spectraux

Dans des conditions idéales, dans un même canal, un sol et l'eau ont des comportements différents, ce qui permet de les distinguer facilement. Dans le bleu, c'est le sol qui a les réflectances les plus fortes, puis l'eau et les végétaux avec des réflectances très faibles. Dans le vert-jaune, les réflectances les plus fortes sont observées pour les sols, puis pour l'eau et

enfin pour les végétaux. Dans le rouge, la répartition des objets est la suivante: réflectance forte pour les sols, puis assez faible pour les végétaux, et enfin pour l'eau. Par contre dans l'infrarouge, ce sont les végétaux qui ont la plus forte réflectance, puis l'on trouve les sols, et enfin, l'eau avec une réflectance nulle. Dans le district étudié, les réflectances spectrales sont assez différentes pour les thèmes d'intérêt, principalement la forêt de plantation et la culture. Cela garantit une bonne reconnaissance de ces thèmes sur la composition avec les tons colorés qui sont bien contrastés.

Selon les couleurs différentes sur la composition colorée infrarouge fausse couleur, on peut distinguer les zones principales suivantes:

- La zone de forêt apparaît en rouge et magenta à cause de l'absorption de la lumière rouge par la chlorophylle et la forte réflectance du proche infrarouge par les tissus végétaux.
- La zone d'agriculture est présentée par presque la même couleur de celle de forêt, mais un peu moins forte.
- La zone résidente est présentée par la couleurs inhomogène : rouge, rouge faible, vert avec la texture spécifique.
- La zone d'eau apparaît en bleu.
- La zone de sol humide apparaît en vert.
- La zone de sol sèche ou les sables apparaissant en blanche

Il nous faut noter que la zone d'agriculture est présentée comme la zone de sol humide. Par exemple, les rizières apparaissant en vert si les riz ont été déjà cultivés.

4.5.1.2. Interprétation et classification

Basé sur les suggestions des communautés, qui ont travaillé avec nous sur l'évaluation des risques d'inondation pendant la période de 2001 à 2004 dans le cas du projet PNUD-DMU, les classes retenues ont été : la terre historique (palais royal), l'aéroport, l'usine, les zones résidentielles, le cimetière, l'aquaculture, la rizière, autres types d'agricultures, la forêt, le sol

nu ou le sol inutilisable, la surface d'eau et la zone mixe (la résidence, l'agriculture et le sol nu). Par la suite, les résultats ont été validés par les cartes d'occupation du sol des 16 communes par la méthode de PRA.

Nous avons appliqué deux méthodes d'interprétation : visuellement pour l'image EROS-B et classification par voie dirigée pour les trois images Landsat-TM et ETM+. Cependant, la méthode visuelle a été également appliquée aux images Landsat-ETM+ pour quelques classes spécifiques, tels que la terre historique et les cimetières et parfois les zones résidents. Parce que ces classes sont très difficiles de distinguer aux autres classes avec la méthode de classification statistique. De plus elles (terre historique et cimetière) ne sont pas nombreux dans notre zone d'étude.

Interprétation visuelle

Pour les images EROS-B à haute résolution (figure 4.25), nous avons utilisé la méthode d'interprétation visuelle, qui permet l'analyse la plus sûre des structures de l'image (Girard 1986). La technique d'interprétation adoptée, qui a été préférée à la classification standard, se base sur la photo-interprétation ou sur l'interprétation visuelle assistée par ordinateur (Mohamed Ait Belaid 2003). L'image a amélioré le contraste sur le logiciel de traitement Geomatica10 de PCI pour pouvoir distinguer visuellement les objets le plus nettement possible. La qualité de cette image est très bonne, ce qui permet de numériser facilement par le module de numérisation d'ACRGIS. Le procédé consiste à afficher l'image enregistrée sur l'écran et la numérisation des polygones représentant différentes catégories d'occupation du sol, fondée sur des caractéristiques telles que le ton, la texture, la couleur et le motif qui sont traduites dans l'attribution d'occupation du sol.

L'ensemble du processus a été guidé par les observations au sol et les connaissances locales. Ces polygones ont été identifiés par des labels indépendants attachés au centroïde de chaque polygone. La technique employée pour la vérification de terrain vise à localiser et caractériser les observations de terrain à l'aide des cartes d'occupation du sol produites par les communautés. Le résultat de la technique d'interprétation visuelle, est ici une couche de couverture numérique dans laquelle les polygones représentent différentes catégories

d'occupation du sol. Une base de données complète est associée à cette couverture, dans laquelle chaque polygone est caractérisé par de nombreux attributs tels que le numéro de la catégorie, la superficie et le périmètre.

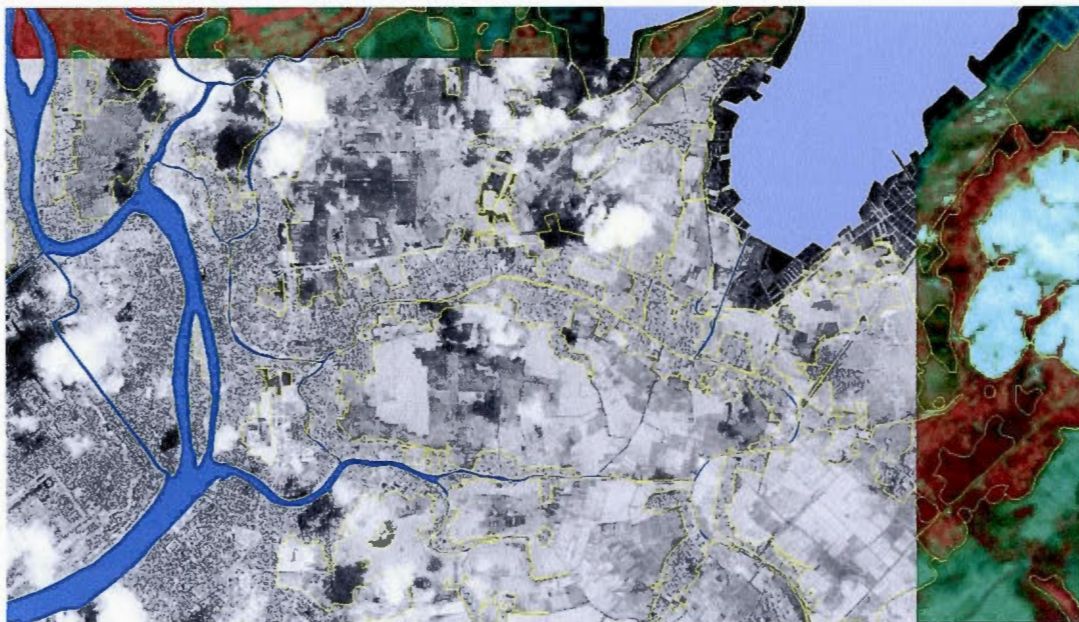
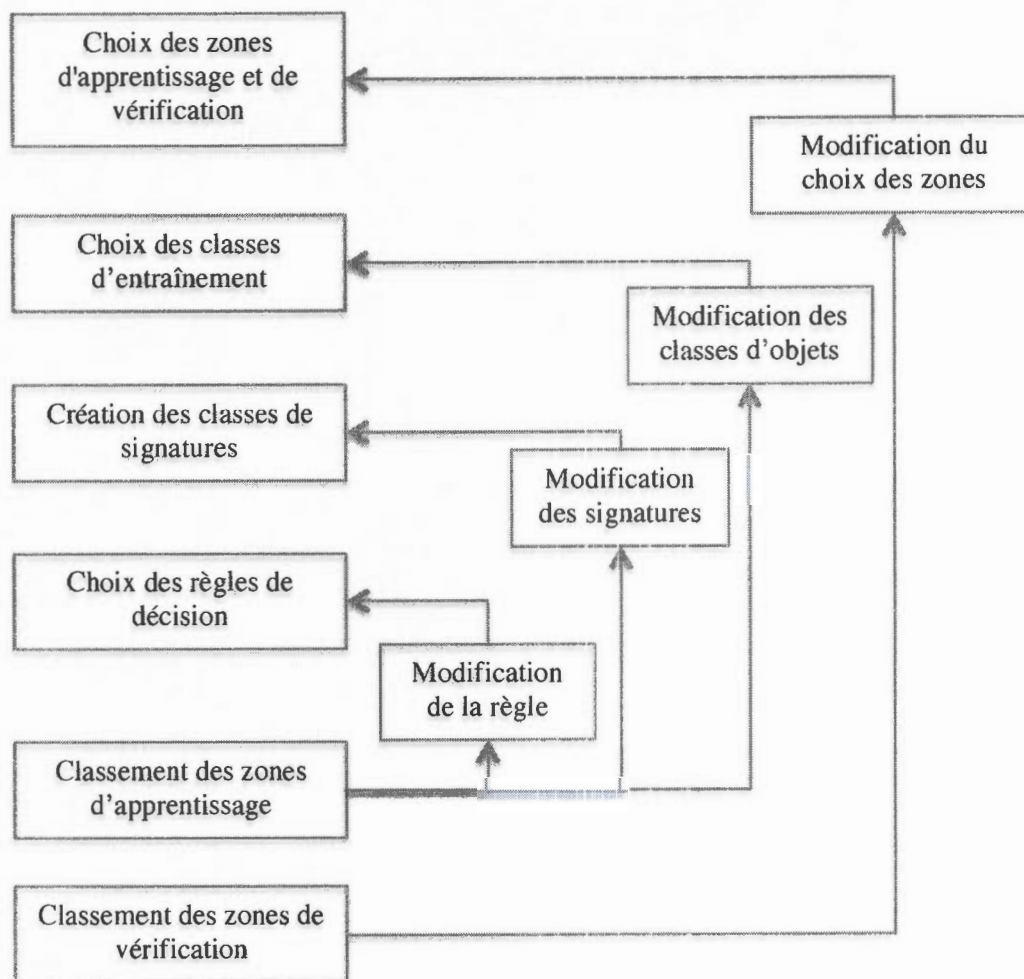


Figure 4.25 Interprétation visuelle de l'image EROS-B

Interprétation des images Landsat-ETM+ : Classification dirigée

La méthode de classification dirigée a été appliquée aux images ETM+ de Landsat. La première et principale étape de cette démarche a été le choix des classes d'objets. Nous avons choisi environ 10 échantillons pour chaque classe. Cette opération se fait directement sur l'image en couleur composée. Les étapes d'entraînement par la suite ont été la création des signatures des classes et le choix de la règle de décision. Nous avons réalisé ces étapes à plusieurs reprises en faisant varier les paramètres des fonctions de classification pour obtenir le meilleur résultat possible (figure 4.26).



Source : Bonn 1992

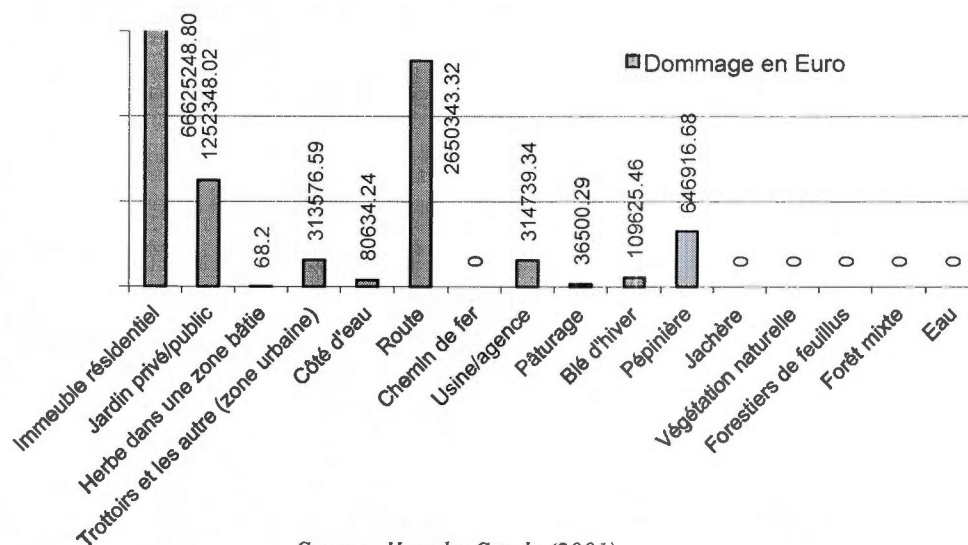
Figure 4.26 Schéma de la fonction d'entraînement par voie dirigée

Nous avons essayé de faire la classification avec les combinaisons de trois règles de segmentation de l'espace spectral : parallélépipèdes, distance minimale et maximum de vraisemblance avec le changement des seuils de probabilité de chaque classe. Les résultats de cette classification ont été comparés aux compositions colorées et vérifiés avec les sites d'évaluation. Les meilleurs résultats sont obtenus avec la règle de maximum de vraisemblance et les seuils sont à 2 pour la classe de résidence, à 4 pour la classe de forêt et à 3 pour toutes les autres classes. La combinaison des résultats de la classification de trois images en 1989, en 2001 et en 2005 a permis de constater la similitude entre les trois dates. Notamment, elle permet de diminuer la confusion en retenant pour la classe "résident" avec d'autres. Parce que les zones résidentielles n'ont guère changé entre 2001 et 2005. Les

résultats visuels et la validation des résultats de la classification se trouvent dans la partie 5.4.1.

4.5.2 Dommages potentiels

La vulnérabilité de l'occupation du sol face aux inondations traduit le fait que des dommages économiques directs et indirects, et plus ou moins sévères, apparaissent lorsque l'eau inonde une parcelle de terrain (Gilard and Gendreau 1998). Les dommages totaux sont le produit de l'ampleur des dégâts et de la valeur estimée de l'unité d'occupation du sol (Alkema 2001). Quelques études ont constaté la relation entre les dommages économiques et les niveaux de profondeur d'inondation (Jonge and Kok 1996; Sande 1996; Alkema 2001; Van der Sande 2001; MWLAP 2004; Gowing, Tuong et al. 2006; Boubchir 2007). Les dommages potentiels de l'occupation du sol dus aux inondations peuvent être calculés en utilisant l'approche développée par Tineke De Jonge (1996) et Van der Sande (2001).



Source: Van der Sande (2001)

Figure 4.27 Dommage en fonction du type d'occupation du sol

Les types d'occupation du sol et les coûts des dommages sont différents selon les pays ou les régions, cependant cette approche pourra être théoriquement appliquée avec les modifications adéquates (Van der Sande 2001). Dans notre étude, ces coûts sont classés en 5 niveaux (0 :

pas de dommages, 1 : faibles dommages jusqu'à 4 : très importants). L'accent est mis sur les informations recueillies auprès des communautés en ce qui concerne les frais d'installation avant l'inondation et de réparation après dommage pour chaque type d'occupation.

Tableau 4.13 Coût des dommages en fonction de la profondeur et de la durée d'inondation

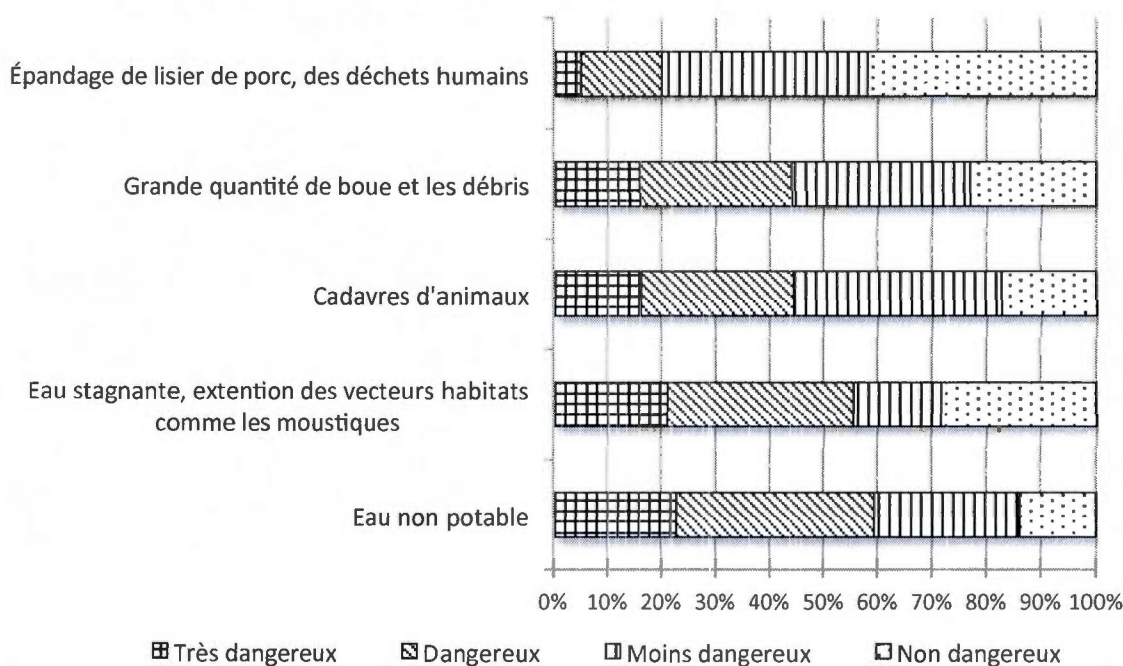
Occupation du sol	Coût d'installation	Coût de réparation	Coût de dommage
Zone historique	4	4	4
Aéroport	4	4	4
Usine	4	4	4
Résidentiel	3	3	3
Cimetière	1	1	1
Aquaculture	3	2	2.5
Rizière	2	1	1.5
Autres agri.	1	1	1
Plantation	2	2	2
Zone mixe	1	1	1
Sol nu	0	0	0
Surface d'eau	0	0	0

4.5.3 Analyse environnementale

L'évaluation des impacts environnementaux (ÉIE) a été introduite à l'origine aux États-Unis pour l'étude des conséquences environnementales des grands projets de développement (Marttunen and Haimailainen 1995). L'ÉIE est le plus souvent utilisée pour aider à choisir la meilleure alternative ou à créer des alternatives nouvelles ou les plus privilégiées pour la mise en œuvre de politique (Stephenson, Nixon et al. 1995). Toutefois, le premier objectif est la compréhension du problème par une structuration des valeurs. Ces valeurs peuvent être collectées par des entrevues auprès des intervenants ou estimées à l'aide de l'organisation de réunions, de conférences de décision ou d'enquêtes sur le terrain (Marttunen and Haimailainen 1995).

Une étude de Phong Tran (2007) dans le bassin versant du fleuve Huong, avec la participation publique a montré qu'un des effets environnementaux les plus significatifs des

inondations est l'impact sur la santé humaine, en particulier, dans les communautés ayant un accès limité à l'eau potable. Les eaux de crue peuvent également accroître le risque d'agents pathogènes d'origine hydrique transmis par les insectes infectieux.



Source : Phong Tran, 2007

Figure 4.28 Impacts potentiels de la pollution induite par l'inondation

Comme on peut le constater sur la figure 4.28, il y a trois variables qui ressortent: les déchets solides, l'eau non potable et les eaux stagnantes, facteurs qui sont liés entre eux et qui peuvent causer de graves problèmes environnementaux au cours de la saison des inondations dans les zones de plaine et en aval de la lagune. Cette étude a également constaté que le manque de capacité et d'expérience pour traiter avec les « ordures nouvelles », comme les déchets industriels, les émissions, des exploitations minières, les pesticides et les déchets provenant de l'aquaculture et de la production agricole apportent de nouveaux dangers pour l'environnement. Ces dangers ont directement eu des impacts sur les conditions de vie de nombreuses personnes. Par exemple, les villageois vivant dans les zones où on recense de grandes quantités de déchets voient les ordures déversées dans les étangs ou le long des rives

des fleuves à l'intérieur ou autour du village. Les inondations transportent alors les eaux pluviales, les eaux usées domestiques, le lisier de porc et aussi les polluants industriels comme la graisse et l'huile de l'équipement, les acides et les métaux lourds vers les zones basses. En conséquence, cela augmente la pollution dans les zones adjacentes qui utilisent les sources d'eau pour l'irrigation, le maraîchage et l'aquaculture (Tran and Shaw 2007b).

Dans une autre étude dans les zones côtières du delta du Mékong, on a constaté que la salinisation des sols et de l'eau engendre un impact majeur sur la crevette et l'agriculture (Flaherty, Vendergeest et al. 1999). L'intrusion de la salinité est un phénomène saisonnier naturel dans la région, qui peut désormais être géré en utilisant les écluses de construction récentes. Pour diminuer ce problème, dans les provinces centrales du Vietnam, le système de digues est en général très efficace (Tran and Shaw 2007b). Bien que l'impact des inondations soit presque exclusivement négatif dans les zones urbaines, les inondations fluviales dans les zones rurales ont parfois aussi des effets positifs sur l'environnement, par exemple le nettoyage des rizières par rapport aux infestations insectes (WMO/GWP 2008). Donc, le problème de salinisation à cause des inondations n'est pas clair, il n'est pas considéré comme un facteur d'impact environnemental dans le cadre de notre zone d'étude.

Les autres impacts environnementaux peuvent être constatés pendant les inondations : l'eau des rivières ne peut pas être évacuée efficacement, les zones basses sont donc inondées. La force des vents associée au haut niveau de l'eau crée de grosses vagues qui provoquent des éboulements au long des rivières et l'érosion en zone littorale notamment près des ports (DMU 2002). Ces vagues détruisent les maisons, les ouvrages hydrauliques et le système des digues et aussi, dans plusieurs cas, causent aussi des décès. D'après l'enquête du PCFSC de Thua Thien Hue, pendant l'inondation historique de 1999, les zones situées à moins de 100 m du cours des trois rivières principales : Huong, Bo et Truoi sont toujours à risque d'éboulements. Les stations d'observation de changement du bord de la mer ont remarqué une forte érosion au bord de la mer dans la zone de la porte Thuan An à cause de l'inondation de 1999. Cette même crue de 1999 a engendrée la création d'un nouveau port qui peut être observé sur l'image RadarSAT.

Donc, les impacts potentiels d'inondation sur l'environnement dans notre zone d'étude peuvent être considérés comme étant de trois ordres principaux :

- La pollution à cause de l'accumulation des déchets.
- Les éboulements le long des rivières.
- L'érosion littorale

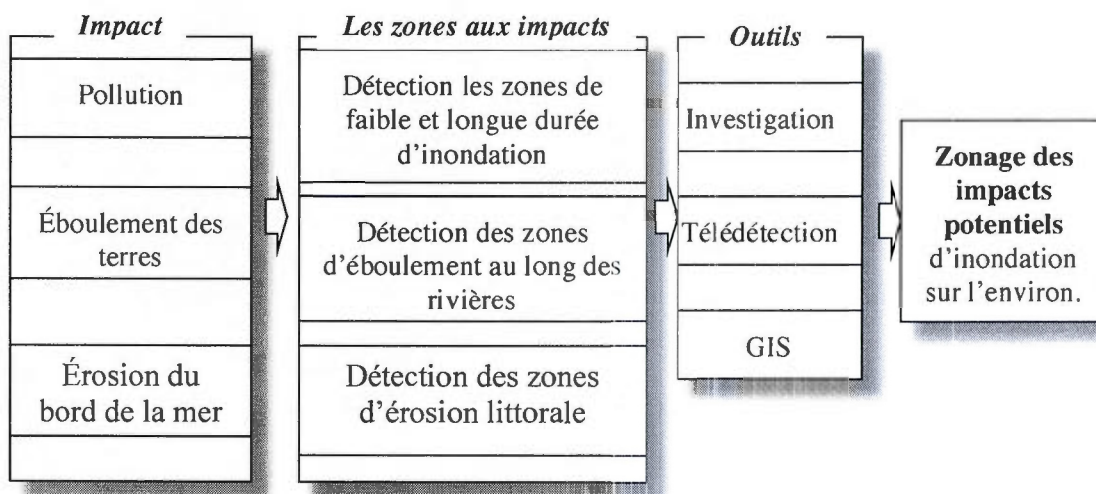


Figure 4.29 Analyse des impacts d'inondation sur l'environnement

La localisation des zones d'érosion est basée sur les données d'observation du Centre du comité de contrôle d'inondation et de tempête de la province de Thua Thien Hue et des Services Hydrométéorologiques du Vietnam (HMS). Les éboulements, les zones tampon de 100 m au long des trois rivières principales dans la province sont considérées comme les éléments permettant la localisation des zones à risque d'éboulement (HMS 1999; PCFSC 2003). Nos visites sur le terrain avec les participants des communautés, les autorités de la province, dans le cours de la formation PRA organisée dans le cadre du Projet PNUD - DMU avec les experts japonais du OCHA (*Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*) ont permis de constater que les zones de pollution se sont localisées dans les cuvettes topographiques et ce pendant les inondations de longue durée (DMU 2004).

4.6 Méthode d'analyse multicritères

4.6.1 Description de la méthode d'analyse multicritères

Pour l'intégration des données multi-sources, l'analyse multicritère dans les SIG devient très intéressante. Beaucoup d'études ont appliqué cette méthode avec succès. Celle de Malczewski (2006) par exemple, montre que les modèles d'analyse multicritère aident à fournir des décisions plus flexibles et plus précises. Cette approche donne à l'utilisateur la flexibilité de changer l'importance de chaque critère selon des objectifs appropriés (Beedasy and Whyatt 1999; Levy 2005). Dans la plupart des cas, la "moyenne arithmétique pondérée" (OWA, *Ordered weighted averaging*) est utilisée pour l'analyse multicritère (Sadiq and Tesfamariam 2007). L'OWA a été établie par Yager en 1988 et elle est largement appliquée dans beaucoup de domaines. De nombreuses applications ont été effectuées dans les technologies civiles et environnementales (Makropoulos and Butler 2006; Smith 2006; Pappenberger, Beven et al. 2007; Sadiq and Tesfamariam 2007). La formulation de l'OWA est très simple :

$$OWA_w(a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i a_i \quad (4.5)$$

Avec $w = (w_1, \dots, w_n)$ vecteur de pondération, $w_i \in (0,1)$ tel que $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, et où la notation (a_1, \dots, a_n) présente les indicateurs de mesure des critères d'évaluation. Il faut aussi que tous les critères soient normalisés dans le même sens, à savoir à maximiser ou à minimiser.

Dans notre étude, les critères d'évaluation des risques d'inondation sont considérés comme les facteurs en fonction de risques d'inondation. Le modèle est appliqué pour calculer un indice aux indicateurs de mesure de ces différents facteurs dans les trois domaines : le domaine physique pour l'aléa d'inondation, le domaine socio-économique pour la vulnérabilité des communautés et les dommages potentiels et le domaine environnemental pour les impacts d'inondation sur l'environnement. Ces indicateurs sont ensuite intégrés afin de déterminer les indices totaux de risques d'inondation. Donc, l'équation d'OWA peut être écrite de la manière suivante :

$$I_p = \frac{\sum (w_i \times P_i)}{\sum w_i} \quad (4.6)$$

Où :

- I_p : Indice de risque pour un domaine;
- w_i : Poids associé à chaque indicateur de mesure;
- P_i : Les indicateurs de mesure de « facteur » (les i facteur en cause) liés au domaine d'évaluation du risque

Les données sont complètement homogènes, dans le sens des types des valeurs tirés de la distribution unique et placés au hasard sur les lieux i dans un plan. Ces caractéristiques montrent que les données sont rarement utilisées ensemble dans la recherche géographique (Longley and Batty 1996). Plus souvent, les données sont très variables au niveau des valeurs statistiques. Dans notre étude, pour éviter les valeurs hétérogènes de ces indicateurs dans le modèle d'intégration, les indicateurs sont normalisés (INC) et ramenés à des valeurs allant de 0 à 1 en fonction de la vulnérabilité. Les indices de chaque indicateur de mesure socio-économique sont calculés en considération des différentes vulnérabilités de chaque classe de caractéristique socio-économique. Ces caractéristiques peuvent être négatives ou positives au niveau de la vulnérabilité. Par exemple, comme mentionné dans la partie ci-dessus : plus la densité de population est négative (forte), plus la vulnérabilité est grande ; au contraire, plus la densité de transport est positive, moins la vulnérabilité est haute.

S'ils sont négatifs, l'équation de normalisation peut être s'écrire :

$$INC_p = \frac{I_p - \text{Min}(I_p)}{\text{Max}(I_p) - \text{Min}(I_p)} \quad (4.7a)$$

Si au contraire, ils sont positifs, l'équation de normalisation devient:

$$INC_p = \frac{\text{Max}(I_p) - I_p}{\text{Max}(I_p) - \text{Min}(I_p)} \quad (4.7b)$$

Les indices des risques d'inondation de notre étude peuvent comprendre les composantes suivantes : l'indice des risques d'inondation de chaque indicateur de mesure de vulnérabilité, l'indice total de vulnérabilité (IV_i), l'indice de dommages potentiels (ID_i), l'indice des impacts potentiels sur l'environnement (IE_i) et les indices totaux de risques d'inondation (IRI).

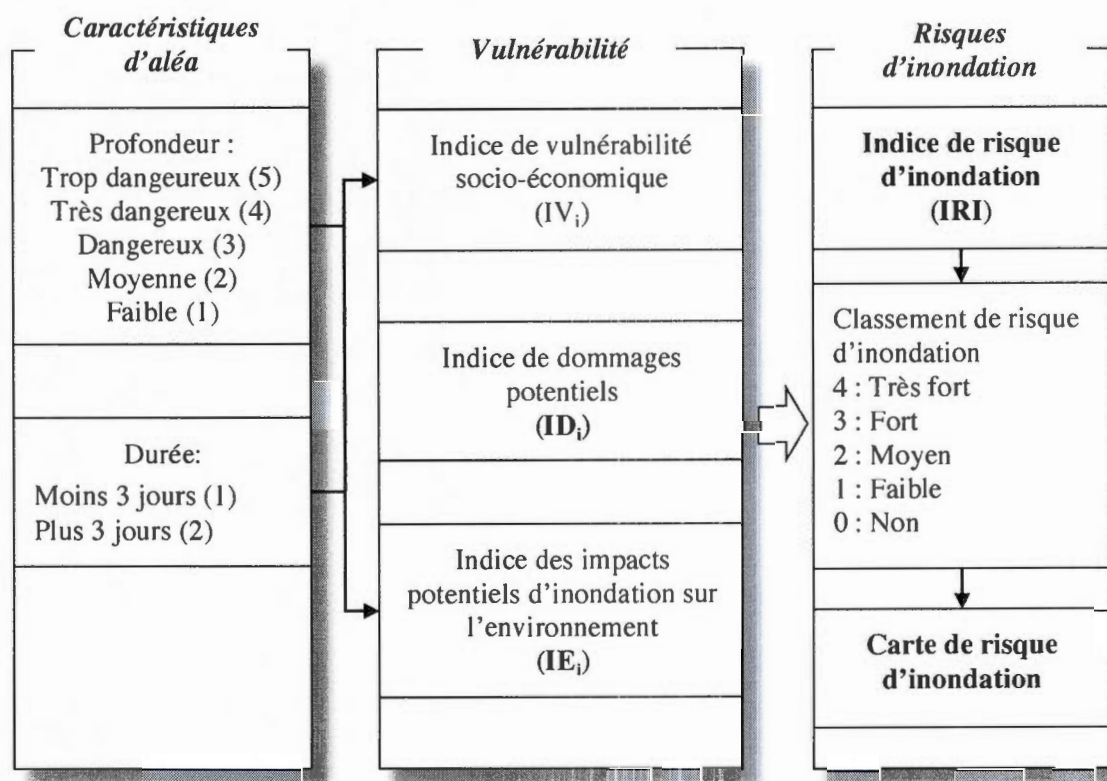


Figure 4.30 Évaluation des niveaux de risques d'inondation

4.6.2 Analyse multicritère pour les indicateurs de mesure de vulnérabilité

Les poids doivent être classés à deux niveaux : le niveau de classe de chaque indicateur de mesure et entre les indicateurs de mesure en fonction des risques d'inondation. Cependant, la question fondamentale, est toujours de savoir comment déterminer le poids de chaque classe et chaque indicateur de mesure pour l'estimation des risques. Dans notre étude, la pondération de chaque classe d'un indicateur de mesure de vulnérabilité s'appuie sur le

classement établi par la participation publique avec la méthode PRA. Même s'il y a quelques interrogations sur l'efficacité réelle de la participation publique, qui sont souvent citées dans la littérature, telles que le manque de technique et de leurs connaissances (Stephenson, Nixon et al. 1995), malgré cela, Lea (2002) a démontré que l'impact de la participation du public dans le processus décisionnel doit toujours être évalué parce que si les résultats de la consultation ne sont pas considérés lors des participations ensembles, cela peut causer une perte de temps et de ressources (Lea 2002). Les résultats de Hartley et Wood (2005) ont démontré l'efficacité de la participation publique dans la pratique d'évaluation des critères (Hartley and Wood 2005). La connaissance et l'expérience des communautés locales sont en effet très importantes pour évaluer les facteurs dans le processus décisionnel (Adomokai and Sheate 2004).

Comme on l'a vu dans la partie concernant le rôle de la participation publique, les outils de PRA sont utilisés pour évaluer les influences de différents facteurs de vulnérabilité. Le classement de ces influences est quantifié par la mise en score pour chaque facteur en fonction de chaque caractéristique de l'aléa d'inondation. La pondération est le résultat de la combinaison des valeurs pour chaque commune avec le niveau de risque (valeur 4 : très haut risque, valeur 3 : risque moyen, valeur 2 : faible risque et valeur 1 : pas de risque).

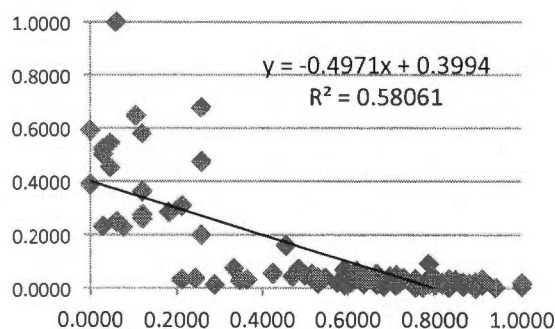
La pratique de pondération que nous avons utilisée pour les sept provinces centrales du Vietnam dans le cadre du projet DMU montre une approbation unanime des poids pour les classes de chaque indicateur de mesure au niveau de la vulnérabilité. Cependant, il y a des opinions diverses sur les poids entre les indicateurs de mesure en fonction du niveau des différentes vulnérabilités. Donc, on n'a pas pu obtenir de conciliation entre les communautés sur les poids finaux de ces indicateurs. Pour choisir ces poids, la méthode de comparaison utilisée repose sur l'étude de Yves *et al.* (1994), qui s'appuie sur l'évaluation du coefficient de corrélation. Le poids associé à chaque facteur (w_i) est calculé comme suit (Yves, Jacques et al. 1994):

$$w_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \times 100 \quad (4.8)$$

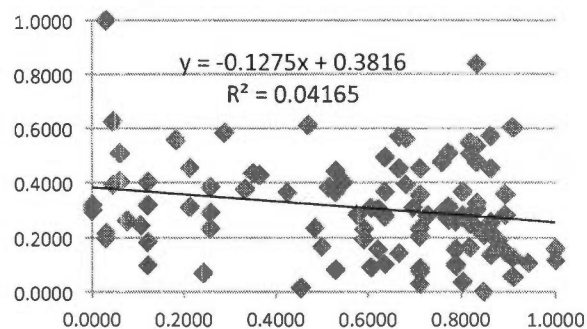
Où : R_i est le coefficient de corrélation du indicateur de mesure i et n est le nombre d'indicateur.

Pour déterminer le coefficient de corrélation du indicateur i (R_i), nous avons utilisé la formule de corrélation du logiciel EXCEL afin de déterminer si deux ensembles de données sont liés. Un coefficient de corrélation de $+1$ indique une parfaite relation linéaire positive, à -1 il indique une relation linéaire parfaitement négative. Pour calculer le coefficient de corrélation pour un échantillon, Excel utilise la matrice de covariance des échantillons et les écarts-types de chaque échantillon.

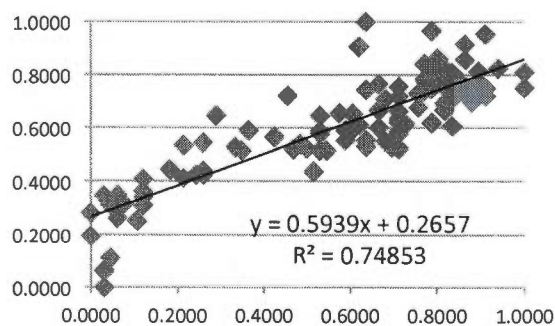
On considère que l'indicateur de mesure de pauvreté est celui qui est lié le plus étroitement avec les risques d'inondation, parce que la pauvreté est un aspect important de la vulnérabilité en raison de son lien direct avec l'accès à des ressources et de son adaptation de base contre les effets des phénomènes extrêmes (Adger 1999). Les communautés sont tout à fait d'accord que cet indice représente fortement la vulnérabilité, la commune plus pauvre étant la plus vulnérable aux risques d'inondation. Donc, la corrélation entre cet indicateur et les risques d'inondation est considérée comme la valeur parfaite ($+1$). Les autres indicateurs sont calculés par leurs corrélations avec l'indice de pauvreté.



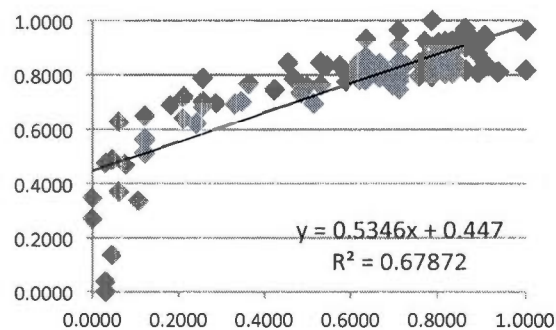
Corrélation entre pauvreté et densité de population



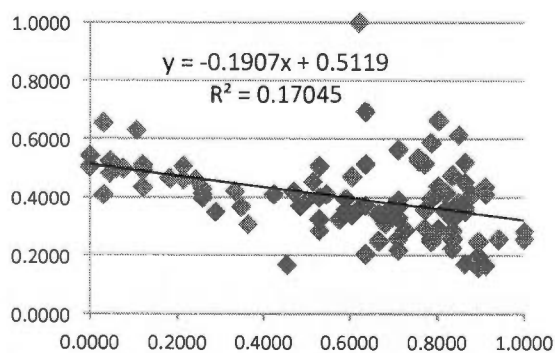
Corrélation entre pauvreté et la genre



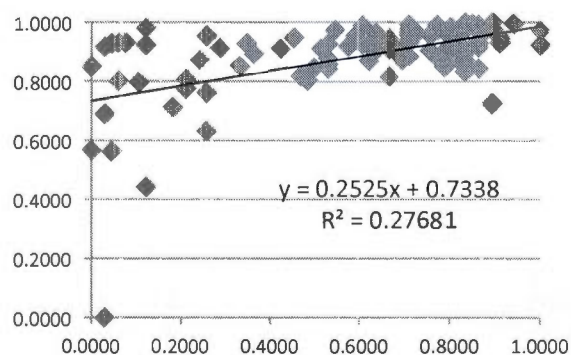
Corrélation entre pauvreté et âge de la population



Corrélation entre pauvreté et éducation



Corrélation entre pauvreté et structure du travail



Corrélation entre pauvreté et densité de transport

Figure 4.31 Corrélation entre la pauvreté et les autres caractéristiques socio-économiques

Les poids de chaque indicateur de mesure de vulnérabilité calculés dans l'équation ci-dessus sont présentés dans le tableau 4.14.

Tableau 4.14 Poids des indicateurs de mesure de vulnérabilité socio-économique

Indicateurs de mesure	Indice	Coefficient de détermination	Poids (w_i)
La pauvreté	PV	1.0000	29
La densité de population	DP	0.5806	17
L'âge de population	AP	0.7485	21
Le genre	SX	0.0417	1
L'éducation	ED	0.6787	19
La structure du travail	ST	0.1705	5
La densité de transport	DT	0.2768	8

Donc, l'indice de vulnérabilité socio-économique peut être calculée par l'équation :

$$VN = \frac{PV \times 29 + DP \times 17 + AP \times 21 + SX \times 1 + ED \times 19 + ST \times 5 + DT \times 8}{100} \quad (4.9)$$

4.6.3 Analyse multicritère des risques en fonction de l'aléa d'inondation

On a vu la définition des risques d'inondation sociaux dans les sections précédentes : les risques sont le résultat de l'intégration des facteurs socio-économiques et environnementaux et des caractéristiques de l'aléa d'inondation. L'ampleur des risques dépend du type d'inondation (en particulier, en termes de profondeur et de durée). Alors que dans les zones inondées, les dommages dus aux inondations sont souvent les plus directs en terme de pertes de production agricole, et en plus, les dommages indirects dans le contexte de vulnérabilité sont plus complexes (WMO/GWP 2008). Les dommages dus aux inondations peuvent être classés comme suit:

1) Les pertes directes considérées comme les dommages économiques potentiels: les pertes peuvent être calculées par l'argent, en lien direct avec l'inondation des bâtiments, des infrastructures et des produits de cultures.

2) Les pertes indirectes tirent leur origine de l'inondation, mais pas de son impact direct, par exemple la perturbation des transports, des pertes pour les entreprises qui ne peuvent pas être rétablies, les pertes de revenu familial, etc. Cela inclut aussi es pertes ne peuvent pas être achetées ni vendues, par exemple, la vie et les blessures, les éléments du patrimoine, des articles-souvenirs, les pertes de l'environnement, la pollution de l'eau et la dégradation de l'environnement, etc.

Les indices de caractéristiques d'inondation donc sont considérés comme les pondérations. Les indices de vulnérabilité, des dommages et des impacts sont linéairement extrapolés en fonction des caractéristiques d'inondation : plus la profondeur et la durée sont grandes et plus les risques d'inondation sociaux deviennent graves (Jonkman, Gelder et al. 2003). En considération des discussions avec les représentants des communautés sur les pertes directes et indirectes en fonction de ces indices, les poids de l'aléa d'inondation ont été établis par la combinaison des deux indices (la profondeur et la durée d'inondation) afin d'intégrer les autres facteurs socio-économiques et environnementaux.

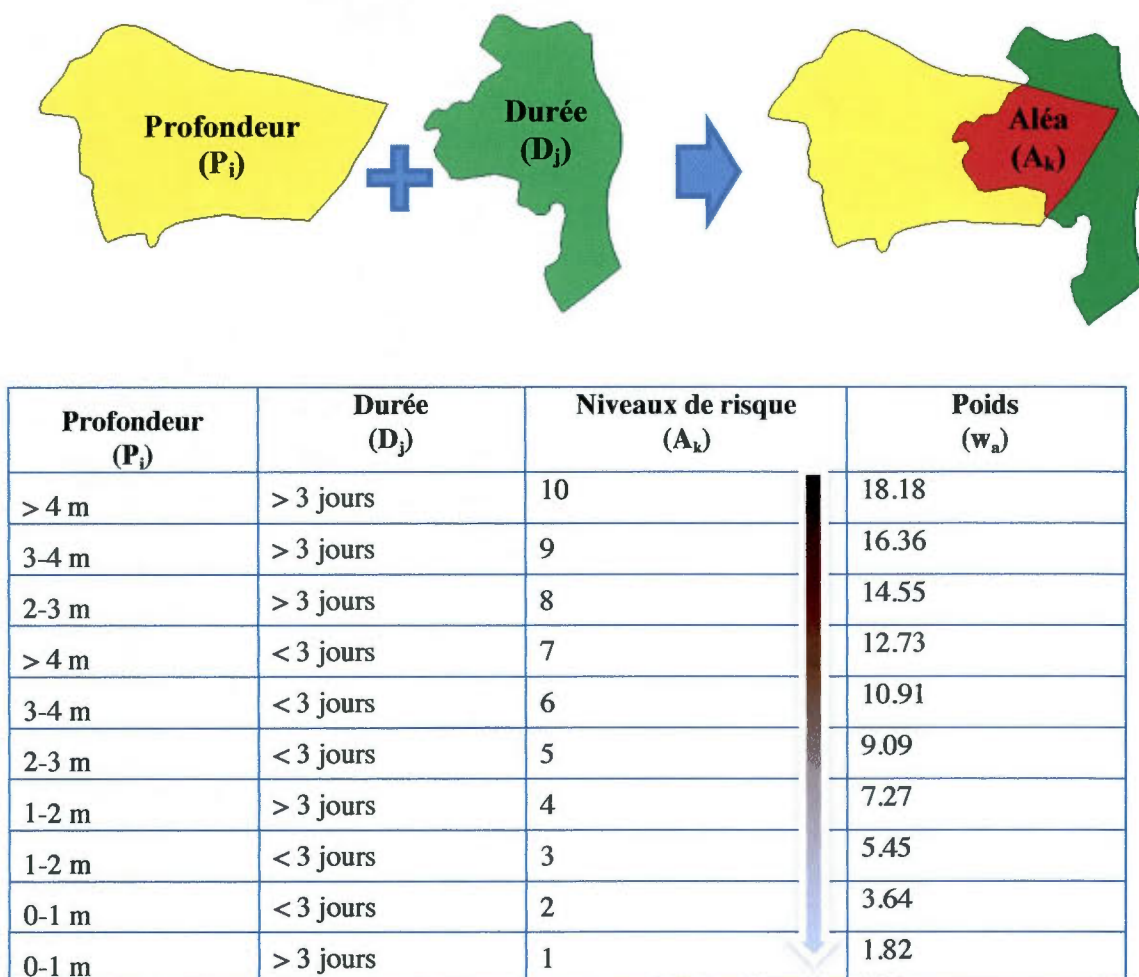


Figure 4.32 Combinaison des caractéristiques d'inondation

4.6.4 Analyse multicritère des risques sociaux

Comme on a vu la définition dans la partie précédente, les risques d'inondation sociaux sont le résultat de l'intégration des indices de vulnérabilité des communautés, des pertes économiques et des impacts de l'inondation sur l'environnement avec les risques individuels (aléa). Ces indices sont considérés comme les valeurs d'intrant et les caractéristiques d'aléa sont les pondérations dans notre modèle d'intégration. Les zones de même niveau de vulnérabilité présentent les risques sociaux différents si elles subissent différents niveaux de l'aléa d'inondation.

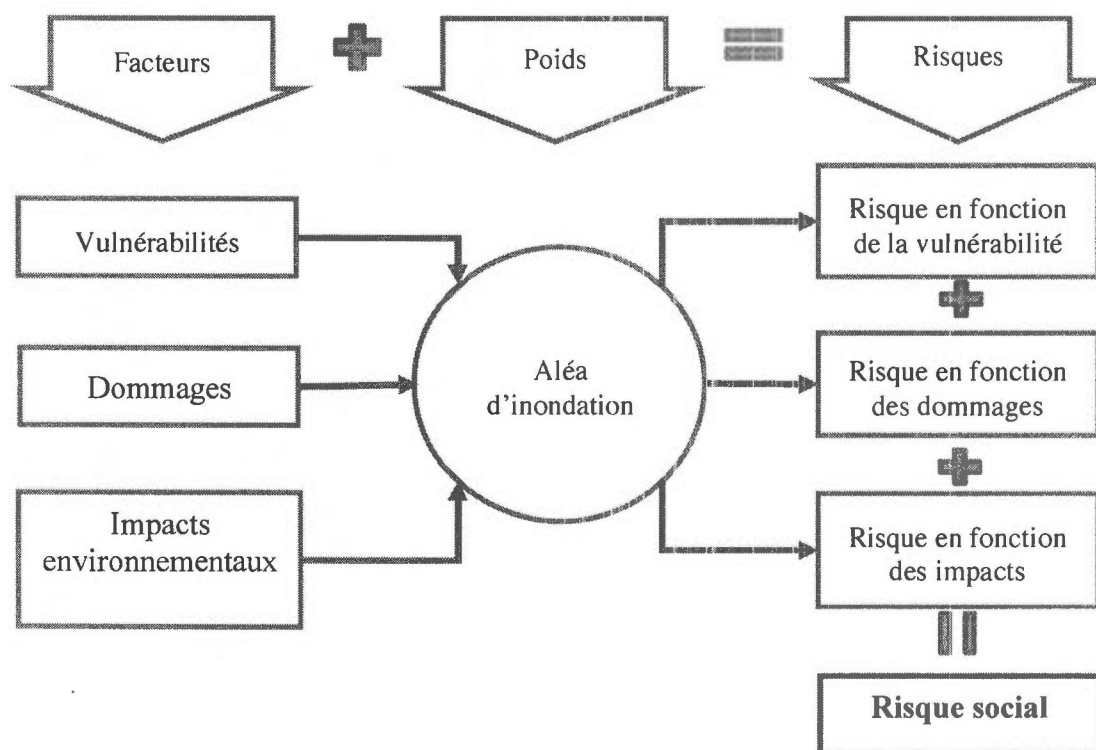


Figure 4.33 Analyse des risques sociaux de l'inondation

Donc, les équations des risques d'intégration entre les facteurs et les caractéristiques d'inondation peuvent s'écrire ainsi :

$$IRV = \frac{\sum w_A \times IV_i}{100} \quad (4.10)$$

$$IRD = \frac{\sum w_A \times ID_j}{100} \quad (4.11)$$

$$IRE = \frac{\sum w_A \times IE_h}{100} \quad (4.12)$$

Où :

IRV: Indice des risques d'inondation en fonction de vulnérabilité

IRD : Indice des risques d'inondation en fonction de dommage

IRE : Indice des risques d'inondation en fonction de l'impact environnemental

IV_i : Indice de vulnérabilité (i)

ID_j : Indice des coûts de dommage (j)

IE_n : Indice des impacts environnementaux

w_A : Poids de dommage en fonction des caractéristiques d'inondation (k)

Les indices de risque social d'inondation sont calculés par la combinaison de trois indices de composantes de risques. Ils sont normalisés de 0 à 1 pour que tous les risques aient les valeurs identiques. Les indices de risque social résultent de l'addition de trois indices de risque afin de normaliser des valeurs de 0 à 1.

$$IRS_i = \sum (IRV_i + IRD_i + IRE_i) \quad (4.13)$$

$$IRSN_i = \frac{IRS_i + IRS_{\min}}{IRS_{\max} - IRS_{\min}} \quad (4.14)$$

Où :

IRS_i : Indice de risque social

IRSN_i : Indice normalisé de risque social

En conclusion, nous n'avons pas réalisé d'analyse critiques des modèles existants portant sur évaluation des risques. Parce que ils dépendent des objectifs de chaque étude et ils ont nous donné les idées sur la démarche scientifique ou principes pour développer un modèle d'évaluation des risques d'inondation avec les facteurs spécifiques pour notre zone d'étude. Cependant, avec ces modèles nous n'avons pas trouvé la méthode parfaite pour l'intégration des facteurs concernant les risques afin de faire les synthèses sur la répartition spatiale des risques aux niveaux différents. Notre modèle a comblé des lacunes dans ces modèles avec

l'application de SIG et de télédétection. Il en est notamment ainsi du choix de la méthode spécifique d'analyse multicritères mise en œuvre avec les deux méthodes de synthèse du somme pondérée, soit par la participation publique, soit par l'analyse statistique. Elle a ses forces et ses faiblesses. Plusieurs faiblesses ont été minimisées du fait du traitement rigoureux dans notre étude. On peut constater l'amélioration de notre modèle en regard des résultats obtenus.

CHAPITRE V

RÉSULTATS ET ANALYSE : POUR UNE CARTOGRAPHIE ET UNE VALIDATION
DES RISQUES D'INONDATION

Dans un premier temps, cette partie est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats de chaque facteur de risque d'inondation. Ensuite, l'évaluation du risque d'inondation final est présentée et interprétée. Finalement, nous présenterons des statistiques sur les niveaux de risque dans chaque commune et district de la province de Thua Thien Hue.

5.1 Aléa d'inondation**5.1.1 Indice de profondeur**

Les indices de profondeur se basent sur l'évaluation de la profondeur que nous avons présentée dans la partie consacrée au rôle de la participation des communautés.

Tableau 5.1 Indices de profondeur d'inondation

Indice	Légende	Description	Risque
1	0 – 1 m	Submerge les rizières, jusqu'à la poitrine d'un adulte	Faible
2	1 – 2 m	Submerge les rizières et l'adulte	Moyen
3	2 – 3 m	Submerge 1 ^{er} étage des maisons	Fort
4	3 – 4 m	Submerge 1 ^{er} étage, inonde le 2 ^e étage	Très fort
5	> 4 m	Submerge le 2 ^e étage	Extrême

La figure 5.1 montre la répartition des indices de profondeur d'inondation. On remarque que dans le nord-ouest de la province, l'inondation est nettement plus profonde que celles du sud-est. Dans le bassin de la rivière Bo, le niveau d'eau est moyen dans la zone de transition entre la montagne et la plaine. Après la descente dans la zone de plaine, le niveau d'eau remonte dans les zones proches de la lagune.

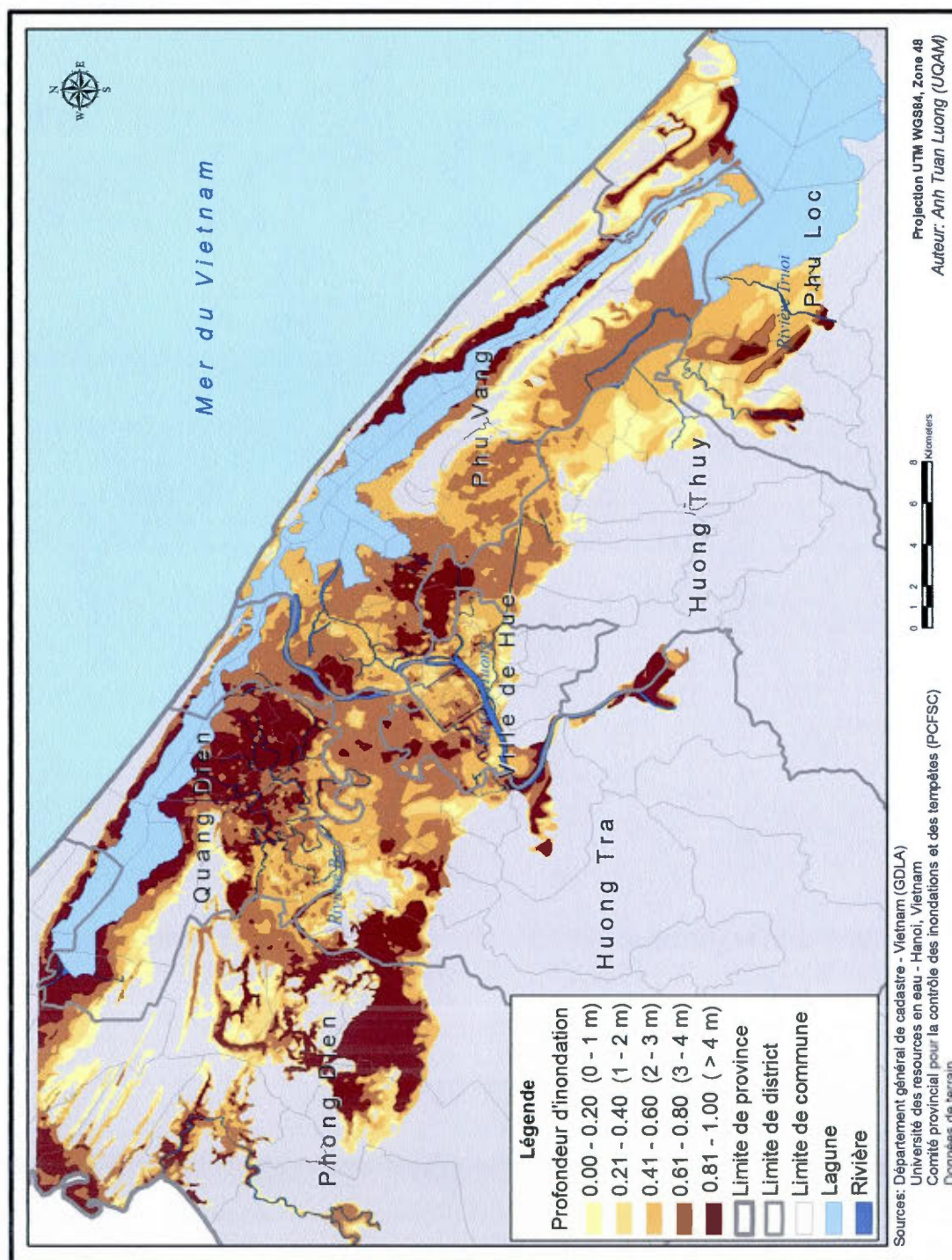


Figure 5.1 Profondeur maximale de l'inondation historique de 1999

5.1.2 Indice de la durée d'inondation

Comme on l'a mentionné dans la partie précédente, le seuil de la durée d'inondation est choisi par les communautés locales en considération des risques prévus d'après leurs connaissances « indigènes », et réparti en deux classes : moins de 3 jours et plus de trois jours. Les indices de durée d'inondation sont donc divisés en deux niveaux de risque : 1- fort et 2- très fort. D'après les entrevues avec les représentants des communautés, le problème de la durée d'inondation résulte des conditions topographiques, et de la construction de routes nationales et provinciales qui ont barré l'évacuation d'eau dans certaines zones. De plus, on doit compter sur la réduction des fonctions de réservoir et d'évacuation des lagunes qui accroît encore la durée d'inondation. Ce problème est particulièrement net dans le bassin de la rivière Bo.

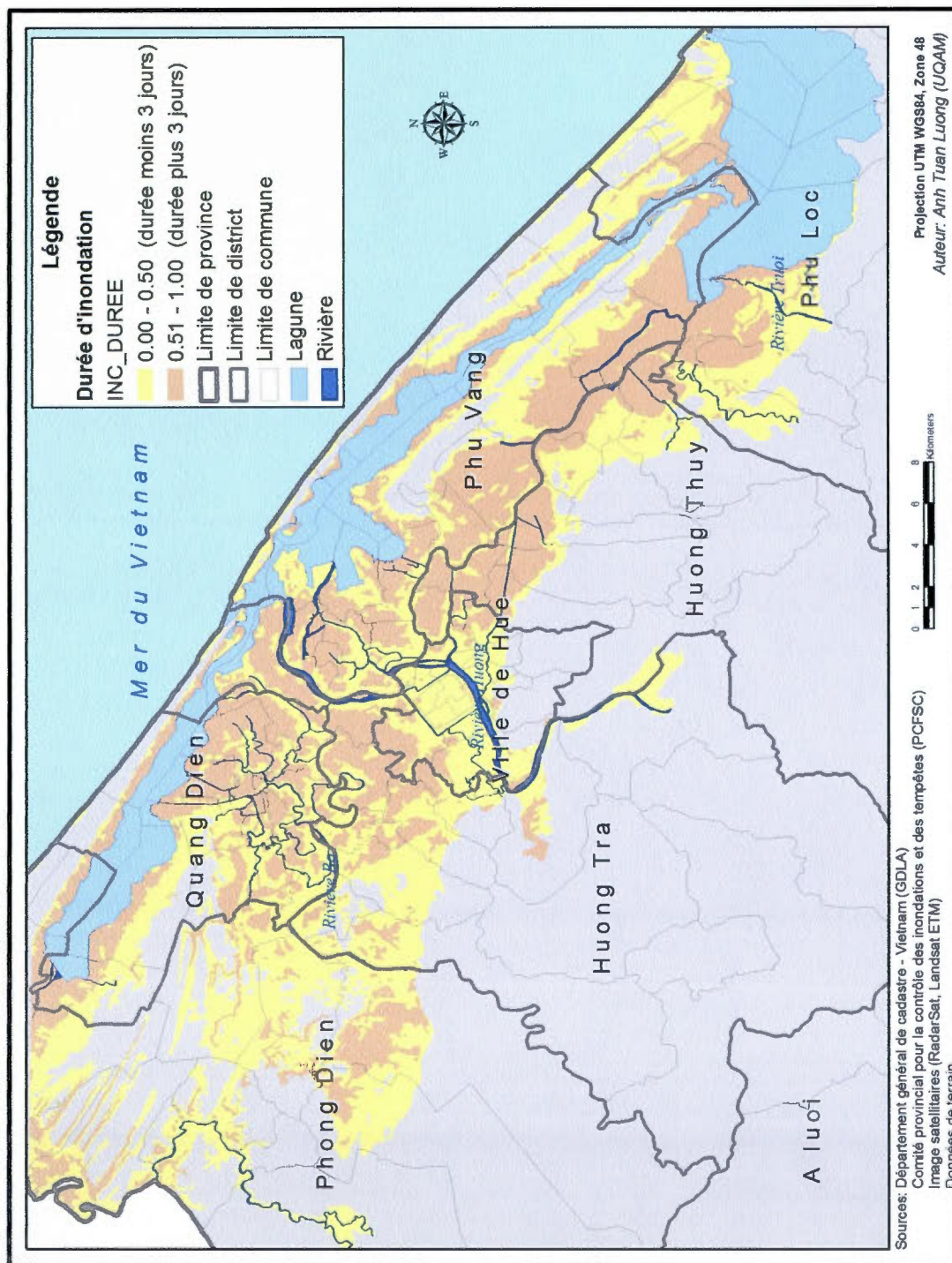


Figure 5.2 Durée de l'inondation historique de 1999

5.1.3 Validation des résultats

L'exactitude des résultats peut être calculée à l'aide de l'équation de DiAC suivante (Luong 2001) :

$$DiAc = \frac{100 * \sum_{i=j}^n P(i,i)}{NP} \quad (5.1)$$

Où :

$P(i,i)$: Nombre de pixels vrais dans la matrice de confusion.

NP : Total du nombre de pixels dans la matrice de confusion.

Dans le cadre du contrat entre le projet DMU et le PCFSC de Thua Thien Hue, nous avons construit 10 monuments d'inondation et 15 « *benchmarks* » d'inondation pour mémoriser les limites de l'inondation historique de 1999. Les informations extraites de ces sites ont ensuite été utilisées comme source auxiliaire de données pour valider les résultats de notre modélisation de la profondeur d'inondation (figure 5.3).

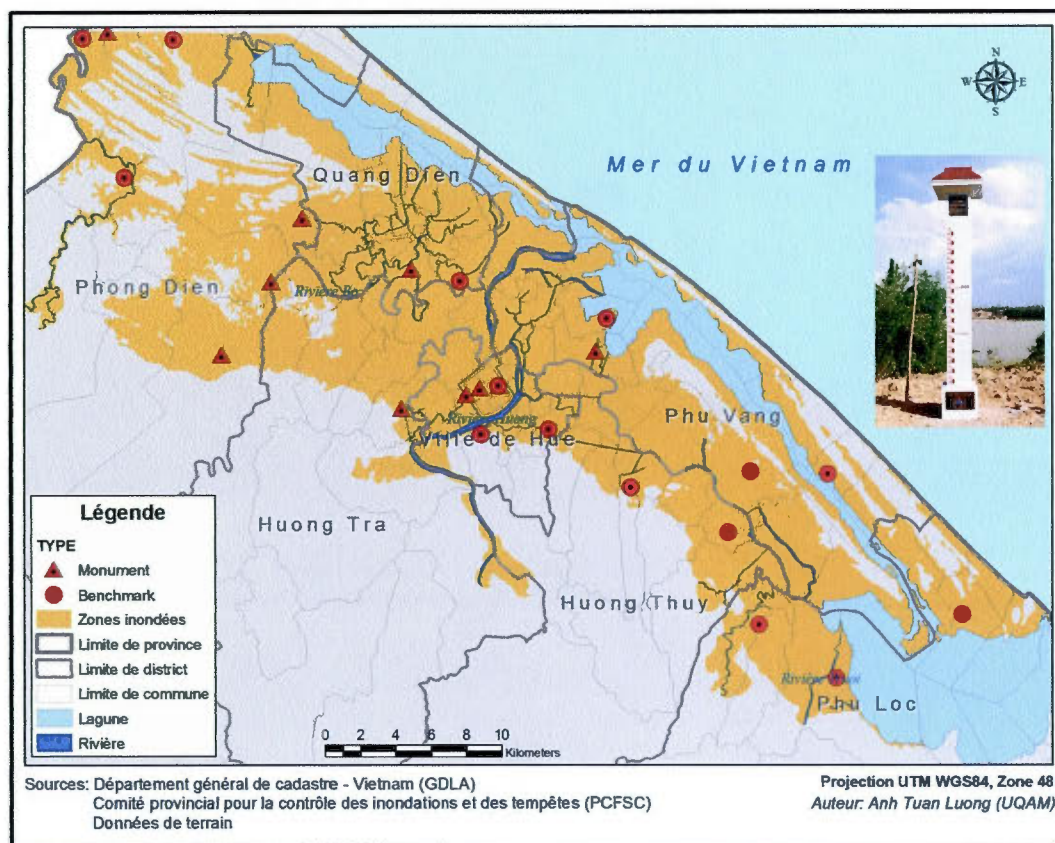


Figure 5.3 Sites de validation des résultats des profondeurs de l'aléa d'inondation

Pour valider les résultats de la durée d'inondation interprétée à partir des images satellitaires, nous avons utilisé 176 sites d'investigation de la durée d'inondation, qui ont été aménagés par le PCFSC après l'inondation historique de 1999.

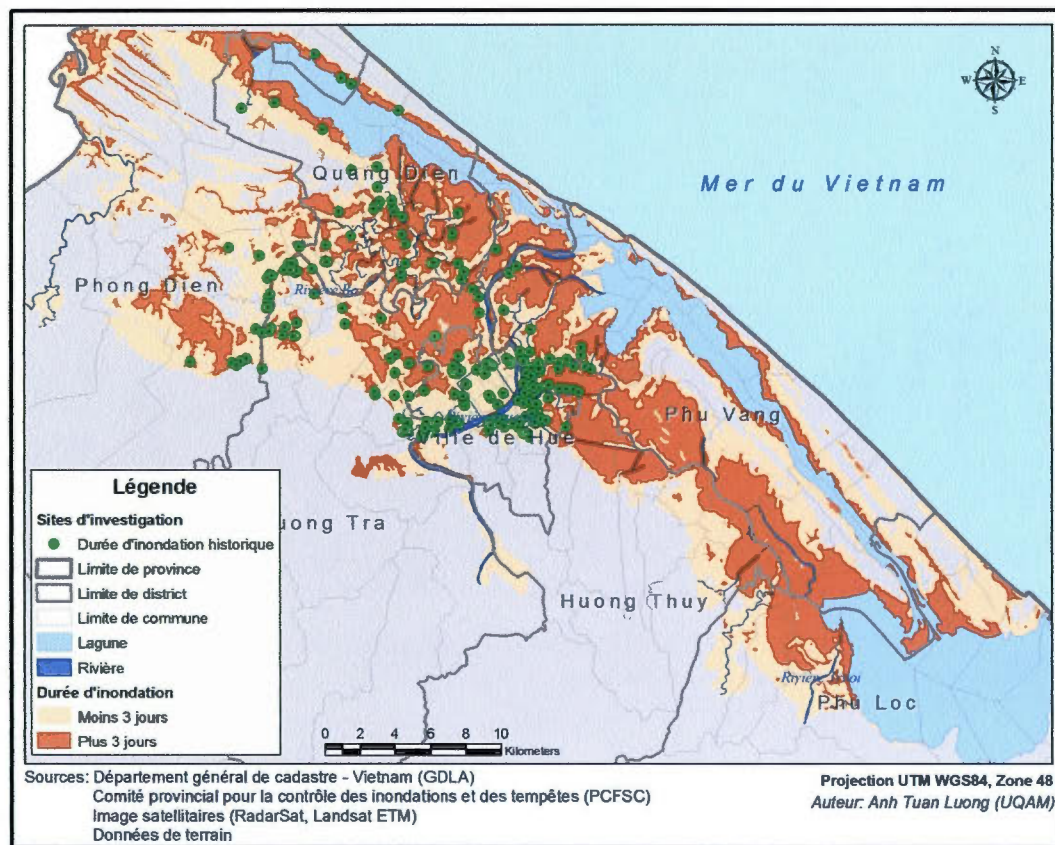


Figure 5.4 Sites de validation des résultats des durées de l'aléa d'inondation

Le tableau 5.2 présente les attributs de chaque site en fonction des données de terrain et de la classification. À partir de ce tableau, on calcule l'exactitude de chaque résultat basée sur les données de terrain.

Tableau 5.2 Validation des profondeurs d'inondation

Code	Type	District	Commune	Enquête	Modèle	Validation
M1	Monument	Phong Dien	Phong Binh	5.23	> 4 m	vrai
M2	Monument	Phong Dien	Phong Son	4.95	> 4 m	vrai
M3	Monument	Phong Dien	Phong An	5.16	> 4 m	vrai
M4	Monument	Phong Dien	Phong Hien	4.56	3 - 4 m	faux
M5	Monument	Huong Tra	Huong An	3.42	1 - 2 m	faux
M6	Monument	Vile de Hue	Thuan Loc	2.56	2 - 3 m	vrai
M7	Monument	Vile de Hue	Tay Loc	3.59	3 - 4 m	vrai
M8	Monument	Vile de Hue	Phu Thuan	2.59	2 - 3 m	vrai
M9	Monument	Quang Dien	Quang Tho	3.55	3 - 4 m	vrai
M10	Monument	Phu Vang	Phu My	5.60	> 4 m	vrai
B1	Benchmark	Phu Vang	Phu Da	3.61	2 - 3 m	faux
B2	Benchmark	Phu Vang	Vinh Thanh	5.84	> 4 m	vrai
B3	Benchmark	Phu Vang	Phu An	3.69	3 - 4 m	vrai
B4	Benchmark	Phong Dien	Phong Thu	2.77	2 - 3 m	vrai
B5	Benchmark	Phong Dien	Phong Chuong	3.57	2 - 3 m	faux
B6	Benchmark	Phong Dien	Phong Hoa	3.58	3 - 4 m	vrai
B7	Benchmark	Phu Loc	Vinh Giang	2.78	1 - 2 m	faux
B8	Benchmark	Phu Loc	Loc Son	2.12	0 - 1 m	faux
B9	Benchmark	Phu Loc	Loc Dien	2.89	2 - 3 m	vrai
B10	Benchmark	Huong Thuy	Thuy Chau	1.77	1 - 2 m	vrai
B11	Benchmark	Huong Thuy	Thuy Tan	2.24	1 - 2 m	faux
B12	Benchmark	Vile de Hue	Thuy Xuan	2.31	1 - 2 m	faux
B13	Benchmark	Vile de Hue	Thuy An	2.98	2 - 3 m	vrai
B14	Benchmark	Vile de Hue	Thuan Loc	2.91	2 - 3 m	vrai
B15	Benchmark	Quang Dien	Quang Thanh	3.95	3 - 4 m	vrai

Nombre de points validés: 17

Nombre total de points : 25

Exactitude (DiAc) : 68%

La période de la durée de 176 points de données d'investigation a été comparée avec les deux classes de durée d'inondation : moins de 3 jours et plus de 3 jours. Donc, les points validés sont ceux où la durée modélisée a été effectivement égale ou inférieure à 72 heures dans la classe de moins de 3 jours; et supérieure à 72 heures dans la classe de plus de 3 jours (tableau 5.3).

Tableau 5.3 Validation des durées d'inondation

Durée	Nombre de points d'investigation			Exactitude (DiAc)
	point validés	points faux	Total	
Moins de 3 jours	82	44	126	65%
Plus de 3 jours	69	2	71	97%
				77%

5.1.4 Indice de l'aléa d'inondation

La combinaison de la profondeur et de la durée permet d'observer la distribution d'inondation historique de 1999. La figure 5.4 présente les zones en rouge plus sombre représentent les plus graves problèmes d'inondation. On peut remarquer facilement que les deux districts de Quang Dien et Phu Vang subissent le plus gravement le problème d'aléa d'inondation. Ensuite, la ville de Hue a été totalement submergée pendant l'inondation historique de 1999 avec des valeurs d'indice au moins égales au niveau moyen, et en particulier au nord-ouest, où les indices ont atteint le niveau critique. Dans les autres districts, les zones montagneuses occupent les plus grandes superficies, donc l'inondation n'est pas un gros problème dans ces districts.

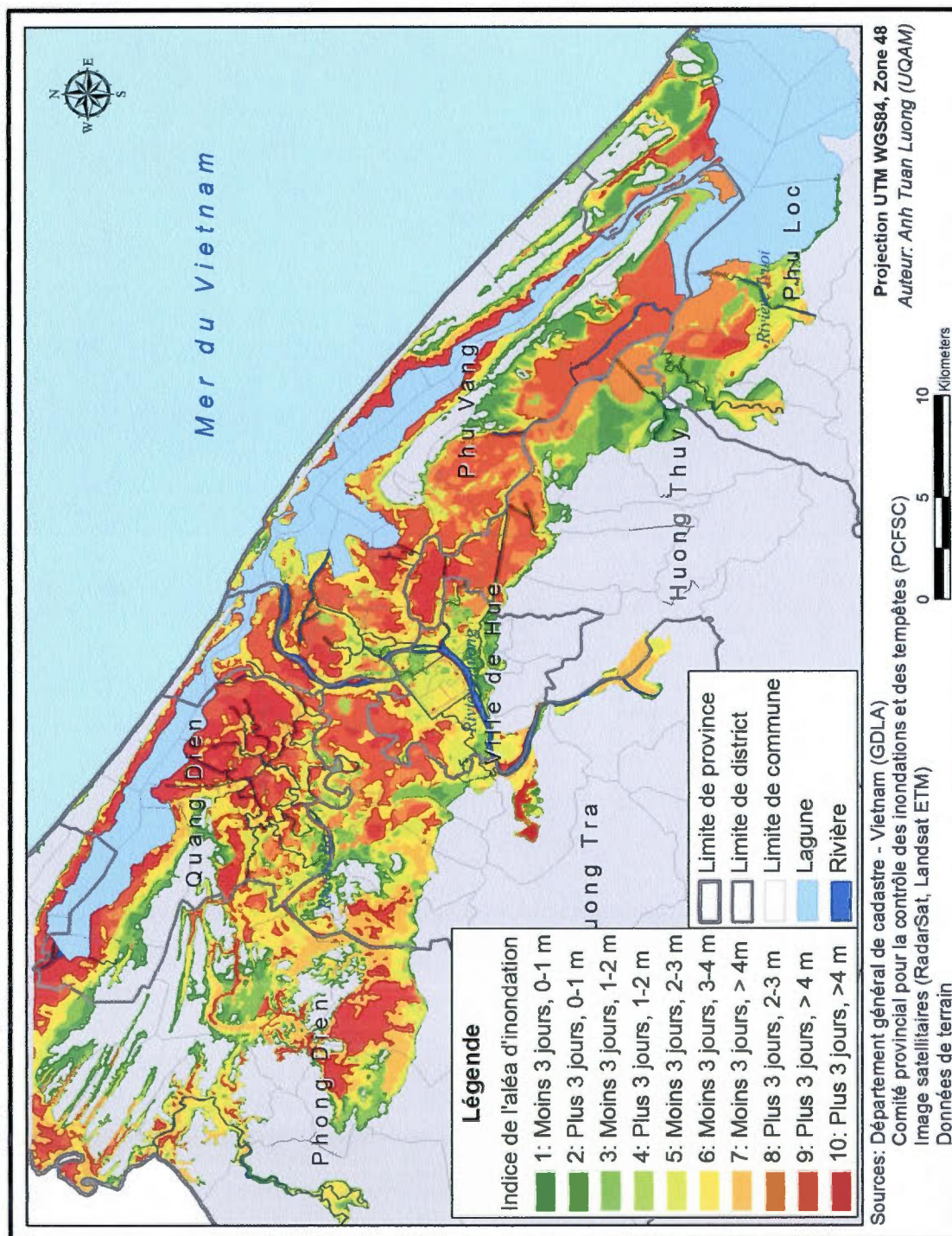


Figure 5.5 Carte de l'aléa d'inondation

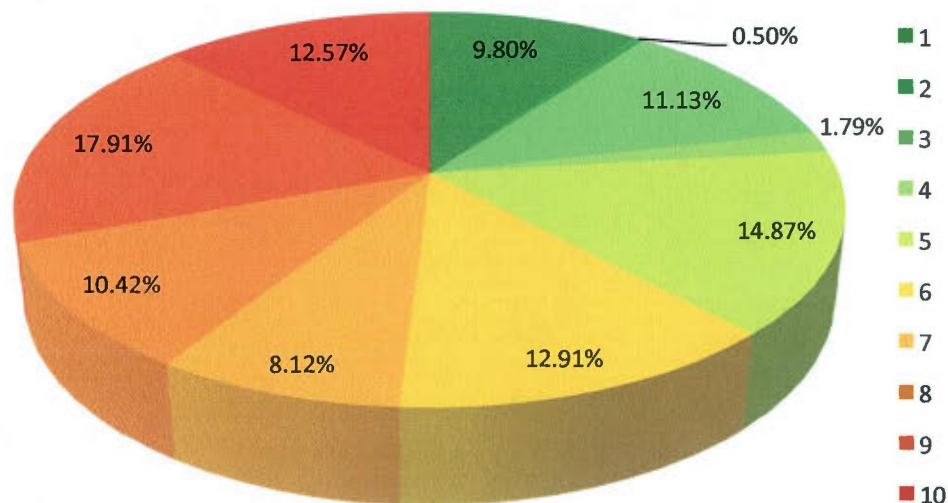


Figure 5.6 Distribution de l'aléa d'inondation

5.2 Vulnérabilité

5.2.1 Pauvreté

Dans la première étape de l'analyse, un modèle économétrique des dépenses par habitant a été estimé pour les ménages urbains et ruraux en utilisant l'indice de pauvreté. En ce qui concerne la répartition spatiale de l'indice de pauvreté, les résultats présentés dans la figure 5.7 peuvent être résumés comme suit:

- Les taux de pauvreté sont plus élevés dans les zones marginales : zones de transition entre la montagne et la plaine et zones côtières.
- Les taux de pauvreté sont plus faibles dans les grandes zones urbaines, notamment dans la ville de Hue.
- Les taux de pauvreté en milieu urbain sont dans l'ensemble systématiquement inférieurs à ceux en milieu rural.

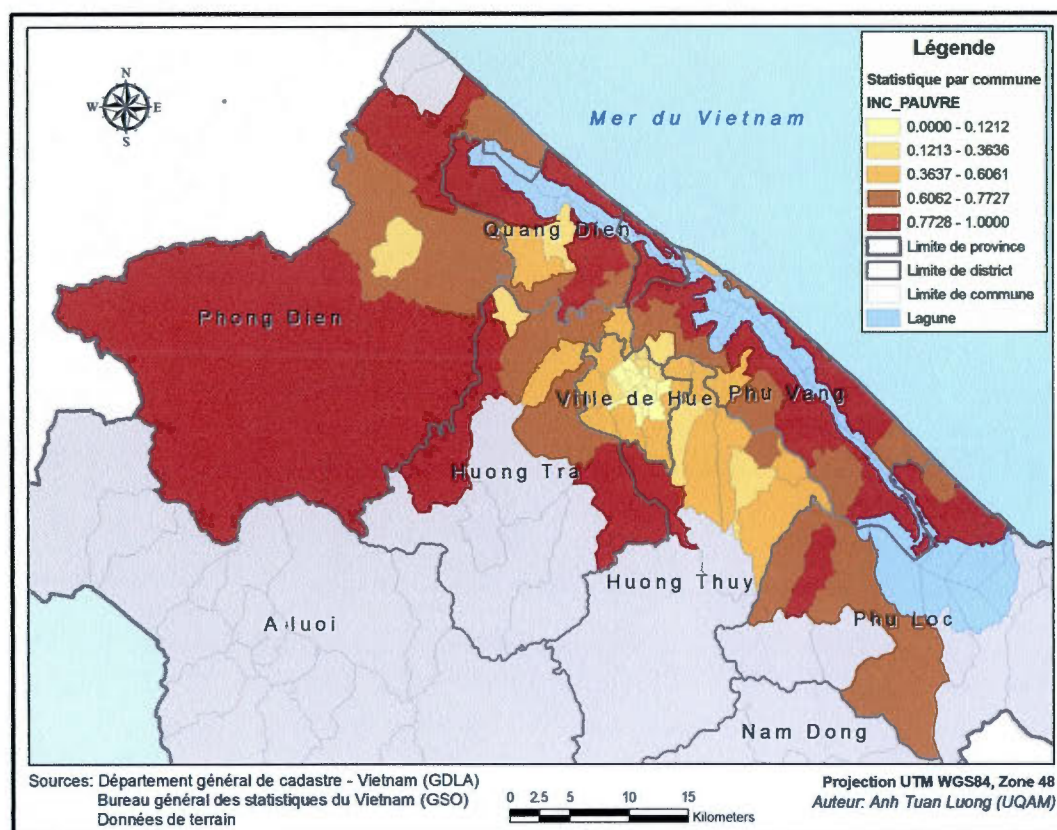


Figure 5.7 Indice de vulnérabilité en fonction de la pauvreté

5.2.2 Démographie

5.2.2.1. Âge

L'indice d'âge en fonction de la vulnérabilité d'inondation de chaque commune a été calculé selon l'équation ci-dessous :

$$IA_i = \frac{4 \times A1 + 3 \times A2 + 2 \times A3 + A4 + 2 \times A5 + 3 \times A6}{T_{age}} \quad (5.2a)$$

Où :

IA_i : Indice d'âge d'une commune (i)

A1 : Population totale des 0 à 4 ans

A2 : Population totale des 5 à 9 ans

A3 : Population totale des 10 à 17 ans

A4 : Population totale des 18 à 59 ans

A5 : Population totale des 60 à 74 ans

A6 : Population totale des plus 74 ans

Tage : Population totale, tous âges confondus

L'indice a été normalisé, donc ramené entre 0 et 1, de la vulnérabilité faible à très forte.

$$INC_{age} = \frac{IA_i - IA_{\min}}{IA_{\max} - IA_{\min}} \quad (5.2b)$$

On peut observer sur la figure 5.8 que l'indice de vulnérabilité en fonction de l'âge est très faible dans la ville de Hue. Il est moyen dans le centre des bassins des rivières Bo et Huong et il augmente dans les zones marginales, en particulier dans les communes côtières.

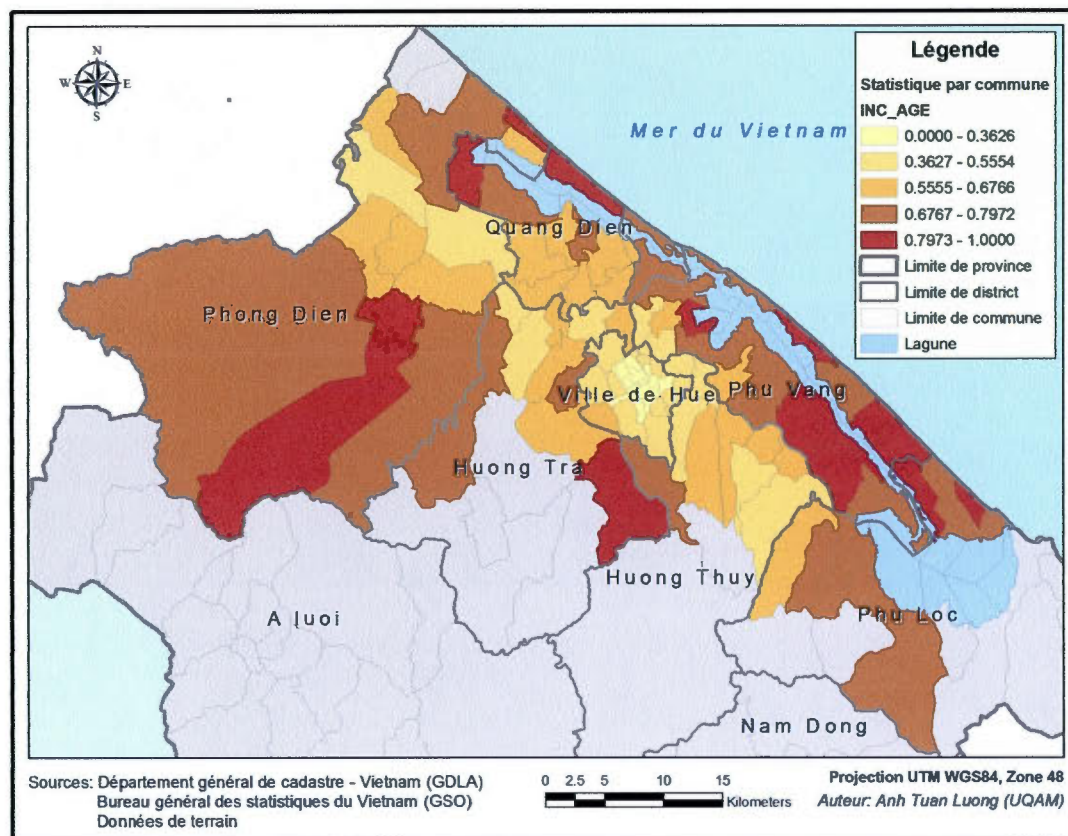


Figure 5.8 Indice de vulnérabilité en fonction de l'âge

5.2.2.2. Genre

L'indice de vulnérabilité en fonction du genre est calculé par le pourcentage de femmes sur la population totale pour chaque commune.

$$IS_i = \frac{F_i}{T_{age}} \quad (5.3a)$$

Où :

IS_i : Indice de genre

F_i : Total de femmes par commune (i)

T_{age} : Total de population totale tous âges confondus

L'indice est normalisé et ramené entre 0 et 1 variant entre une vulnérabilité faible et une vulnérabilité très forte.

$$INC_{Sex} = \frac{IS_i - IS_{min}}{IS_{max} - IS_{min}} \quad (5.3b)$$

La différence en nombre entre les femmes et les hommes n'est pas très marquée au niveau des communes (le pourcentage de femmes sur le total de population varie entre 49,39 et 54,29). Cependant, à cause de plus grande vulnérabilité des femmes face aux inondations mentionnée précédemment, nous tenons compte de cet indice dans notre modèle d'évaluation de la vulnérabilité. La figure 5.9 présente la distribution de la vulnérabilité en fonction de genre.

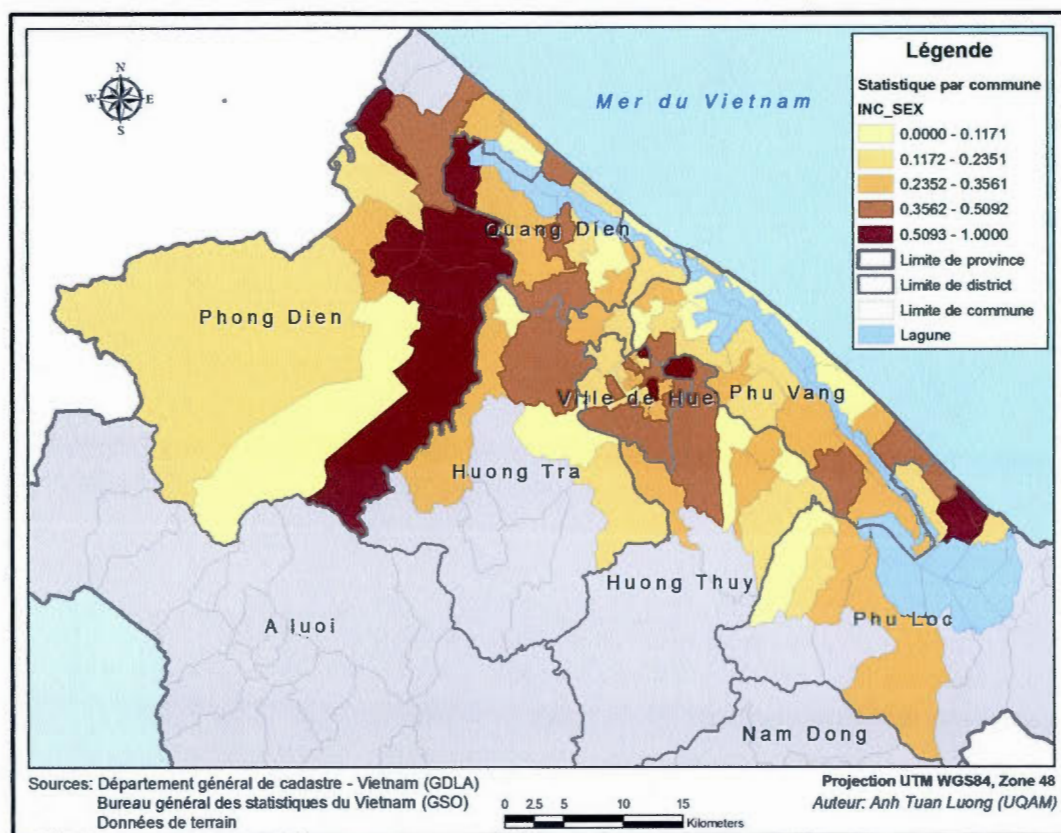


Figure 5.9 Indice de vulnérabilité en fonction du genre

5.2.2.3. Éducation

L'indice de vulnérabilité d'inondation en fonction de l'éducation établit l'impact du niveau d'études sur la vulnérabilité. Le nombre de population sans plus élevé correspond à la vulnérabilité d'inondation plus forte.

$$ID_i = \frac{4 \times D1 + 3 \times D2 + 2 \times D3 + 1 \times D4 + 1 \times A5}{T_{age}} \quad (5.4a)$$

Où :

ID_i : Indice d'éducation d'une commune (i)

D1 : Total de population sans éducation

D2 : Total de population ayant terminé des études secondaires

D3 : Total de population ayant terminé des études supérieures

D4 : Nombre de maîtrises

A5 : Nombre de doctorats

T_{age} : Total de population

L'indice est normalisé et ramené entre 0 et 1 variant entre une vulnérabilité faible et une vulnérabilité très forte.

$$INC_{Edu} = \frac{ID_i - ID_{min}}{ID_{max} - ID_{min}} \quad (5.4b)$$

Sur la figure 5.10 on constate que l'indice de vulnérabilité en fonction de l'éducation est beaucoup moins fort dans la ville de Hue. Il est très fort pour les communes côtières en particulier autour de la lagune et au sud-est de la province.

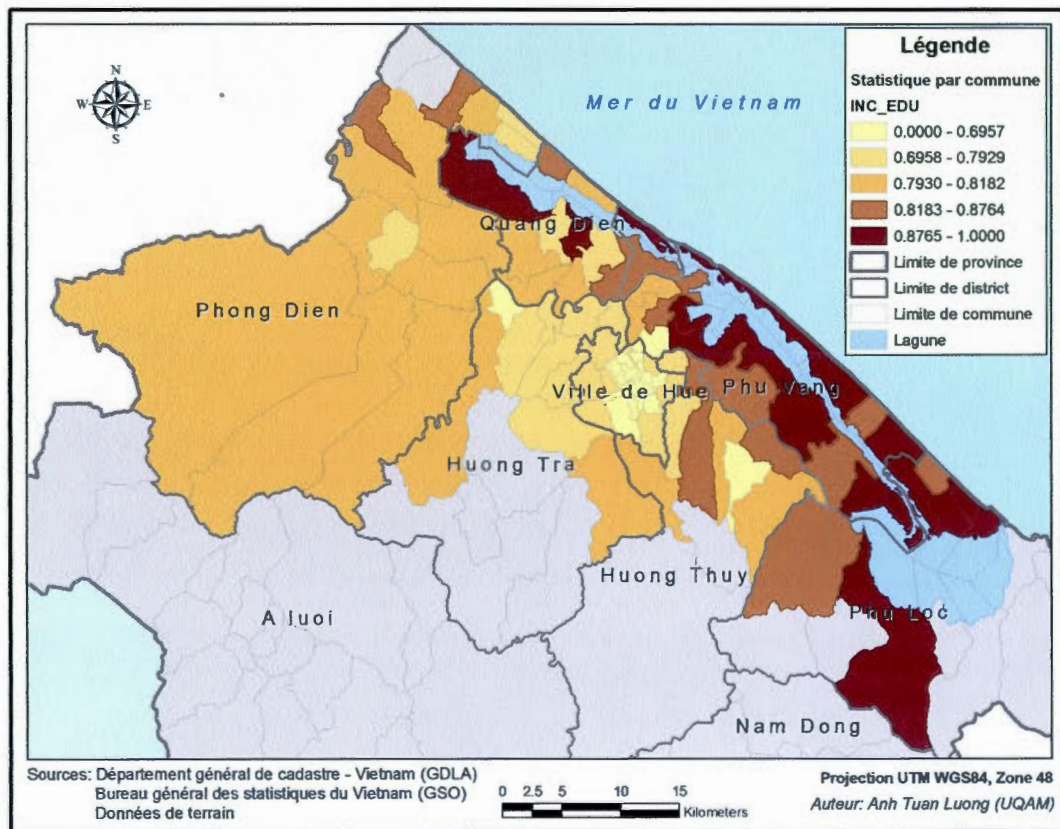


Figure 5.10 Indice de vulnérabilité en fonction de l'éducation

5.2.2.4. Structure du travail

L'indice de vulnérabilité d'inondation en fonction de la structure du travail de chaque commune est donné par l'équation ci-dessous :

$$IS_i = \frac{S1 + 2 \times S2 + 2 \times S3 + 4 \times S4 + 3 \times S5 + 3 \times S6}{T_{age}} \quad (5.5a)$$

Où :

IS_i : Indice de structure du travail d'une commune (i)

S1 : Nombre de personnes ayant un emploi

S2 : Nombre de ménagères

S3 : Nombre de personnes ayant une éducation

S4 : Nombre d'handicapés

S5 : Nombre de chômeurs

S6 : Nombre de personnes sans emploi

T_{age} : Total de population

L'indice est normalisé et ramené entre 0 et 1 variant entre une vulnérabilité faible et une vulnérabilité très forte.

$$INC_{Travail} = \frac{IS_i - IS_{\min}}{IS_{\max} - IS_{\min}} \quad (5.5b)$$

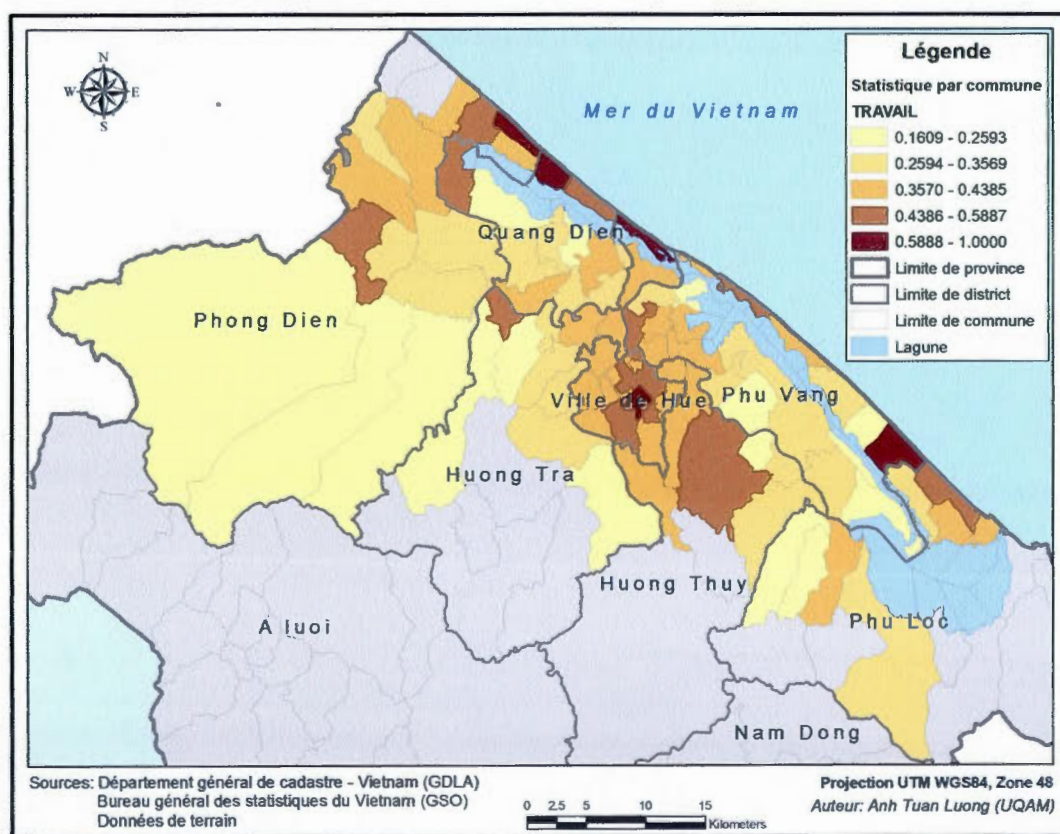


Figure 5.11 Indice de vulnérabilité en fonction de la structure du travail

Cet indice présente les valeurs très faible pour les communes situées dans la région montagneuse (figure 5.11) où il y a moins densité de population (figure 5.12). C'est très logique parce que les deux variables : population et nombre d'emploi sont évidemment corrélés.

5.2.2.5. Densité de population

La figure 5.12 montre que l'indice de vulnérabilité en fonction de la densité de population est normalisé à partir du nombre de personnes par kilomètre carré pour chaque commune.

L'indice est normalisé et ramené entre 0 et 1 variant entre une vulnérabilité faible et une vulnérabilité très forte, correspondant à une densité de population allant de faible à très forte.

$$INC_{Dens_pop} = \frac{DP_i - DP_{min}}{DP_{max} - DP_{min}} \quad (5.6)$$

Où :

INC_{Dens_pop} : Indice de densité de population

DP : Nombre de personnes par km² par commune

La ville de Hue et les communes avoisinantes où la densité de population est plus élevée sont les zones plus vulnérables. Les zones montagneuses et les zones transitionnelles sont moins vulnérables.

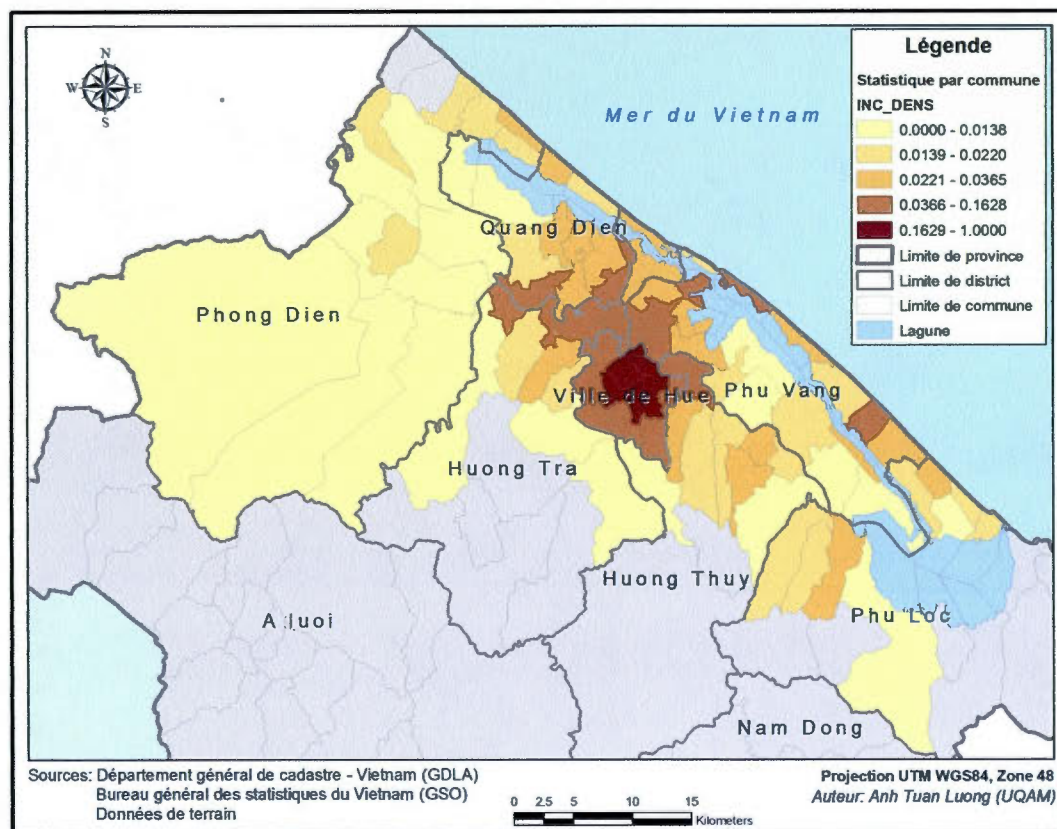


Figure 5.12 Indice de vulnérabilité en fonction de la densité de population

5.2.2.6. Densité de transport

L'indice de vulnérabilité en fonction du transport est normalisé à partir de la longueur totale des routes par kilomètre carré par commune. À l'inverse de l'indice de densité de population, il varie de 0 à 1 pour une vulnérabilité allant de faible à très forte, correspondant à une densité de transport allant de haute à faible.

$$INC_{Dens_trans} = \frac{DT_{max} - DT_i}{DT_{max} - DT_{min}} \quad (5.7)$$

Où :

INC_{Dens_trans} : Indice de densité de transport

DP : Longueur totale des routes par km² par commune

La figure 5.13 nous montre que la distribution de cet indice est tout-à-fait inverse avec celui de la densité de population. Un nombre des communes à fort indice de vulnérabilité se trouvent dans les régions éloignées de la ville de Hue qui considère comme le centre administratif, commercial de la province.

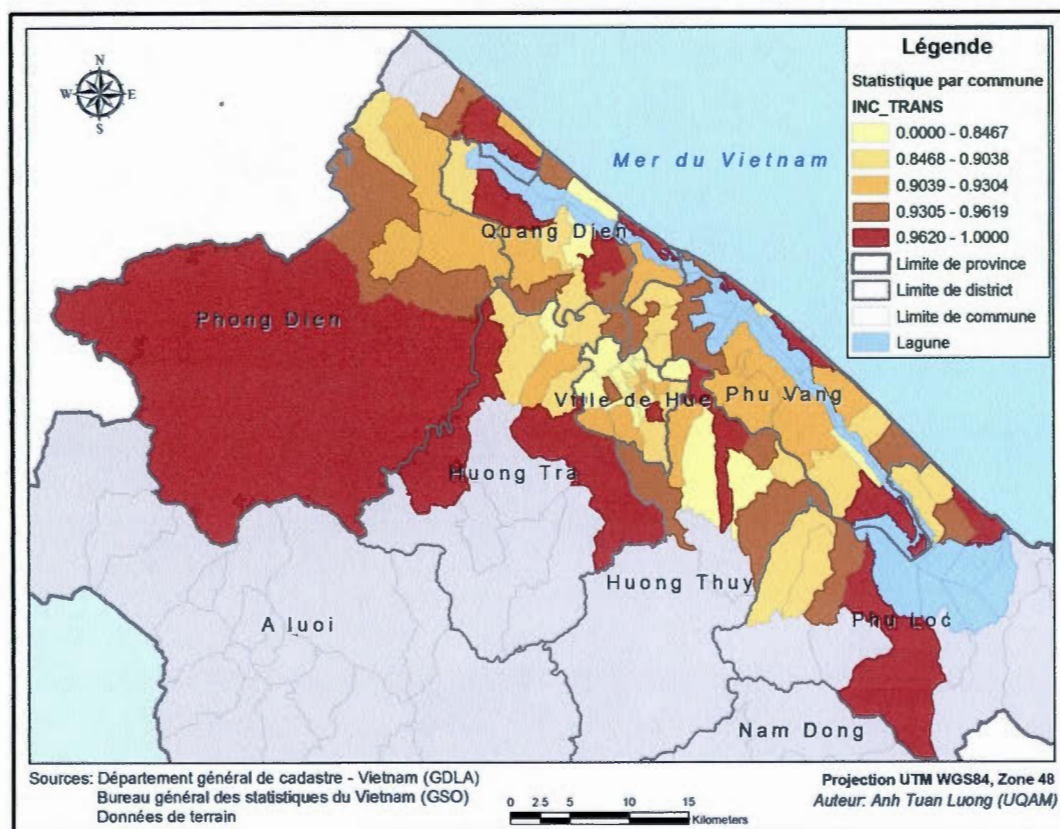


Figure 5.13 Indice de vulnérabilité en fonction de la densité des réseaux de transport

5.3 Indice de vulnérabilité socio

L'indice de vulnérabilité socio est le résultat de l'intégration des indices de vulnérabilité composés à partir de 6 facteurs sociaux que nous venons d'analyser et qui ont été choisis en consultant les communautés de 20 communes inondées, soit: la pauvreté, l'âge, l'éducation, la densité de population, la densité de transport, la structure du travail et le genre. On peut constater que la vulnérabilité socio est beaucoup faible dans la ville de Hue et très forte dans les communes côtières autour de la lagune située au sud-est de la province (figure 5.14).

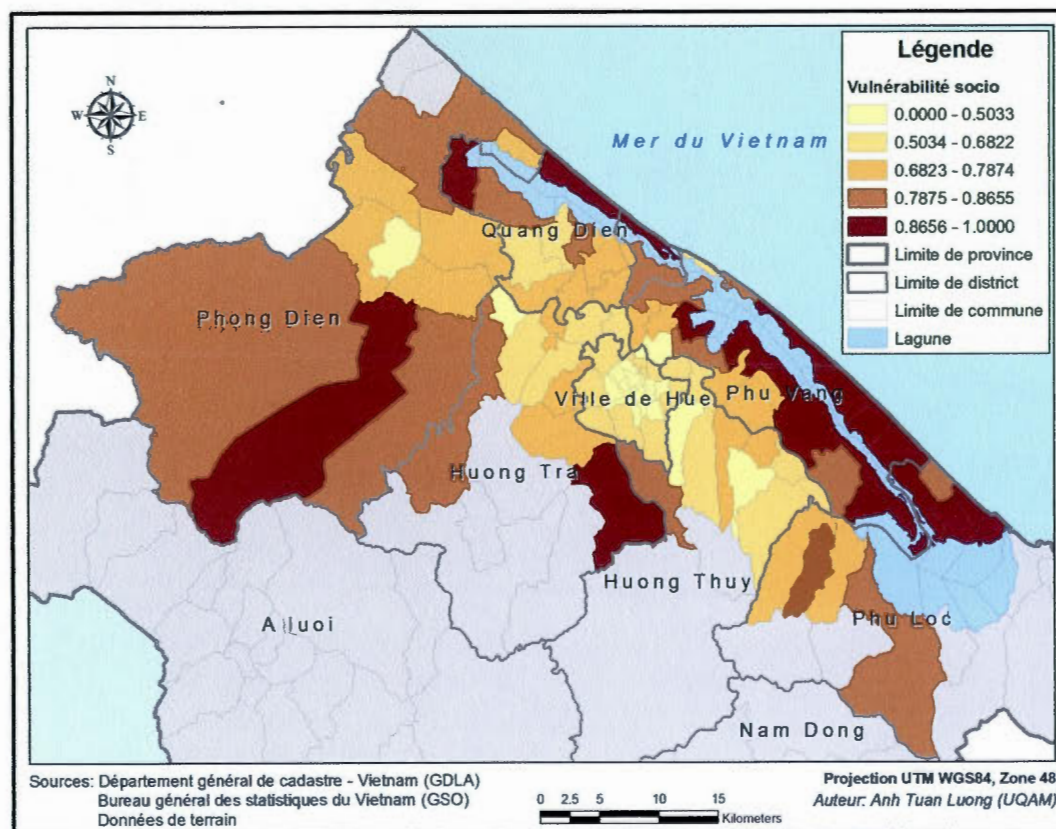


Figure 5.14 Vulnérabilité socio face à l'inondation

5.4 Dommages potentiels

5.4.1 Occupation du sol

Les images satellitaires ont été interprétées selon deux méthodes : dirigée et non-dirigée. L'intégration des images a permis de distinguer 13 classes différentes, qui reposent sur les différences de textures et de niveau de spectral des images satellitaires. Les types d'occupation du sol ont été associés à chaque classe en se référant au calendrier agricole et aux données collectées sur le terrain.

L'exactitude de la classification a été validée à partir des cartes d'occupation du sol qui ont été produites par les communautés des communes selon la méthode PRA. Sur les 20 communes qui ont participé à la formation PRA, cependant seulement 16 d'entre elles ont

achevé les cartes que nous avons demandées. La figure 5.15 montre la localisation de ces communes. Les deux couches d'occupation du sol ainsi obtenues ont été superposées, la comparaison des zones de classification et celles d'union de chaque classe dans les deux couches de données étant la base de validation de l'exactitude des résultats.

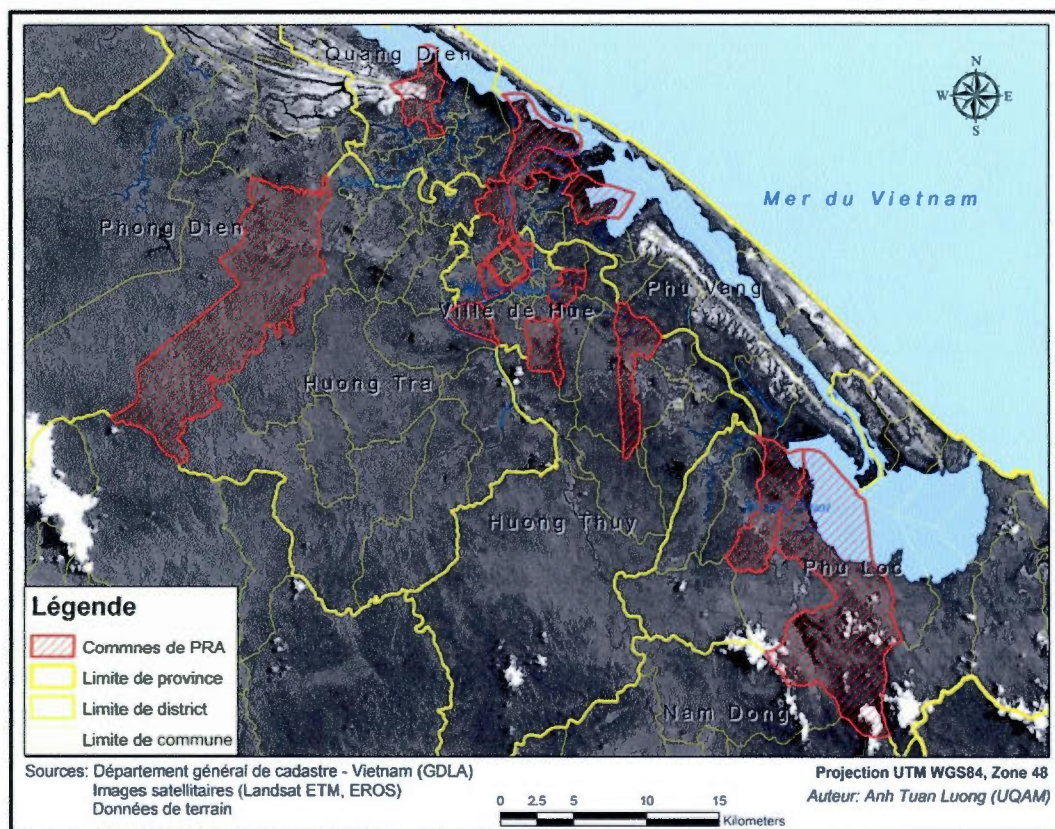


Figure 5.15 16 communes pour la validation des résultats de la classification

Tableau 5.4 Validation de la classification d'occupation du sol

Code	Occupation du sol	Area (ha)		DiAc (%)
		Classification	Union	
1	terre historique	205.95	205.95	100
2	usine	2.16	1.97	91
3	résidentiel	3745.54	2284.78	61
4	cimetière	68.58	61.04	89
5	aquaculture	721.21	627.45	87
6	rizière	3283.22	2495.25	76
7	autre agriculture	1928.25	1369.06	71
8	mixte (résidentiel, agriculture, solnu)	163.64	96.55	59
9	arbres industrielles	16.68	11.18	67
10	sol inutilisable	983.37	835.86	85
11	lac, étang	92.78	86.29	93
12	lagune	3422.70	3422.70	100
13	rivière	725.28	725.28	100
DiAc moyen				83%

L'occupation du sol est présentée sur les figures 5.16a et 5.16b. Les secteurs où l'on cultive le riz occupent la grande portion du territoire (21,64 %), alors que la présence des surfaces pour l'usine et les plantations est négligeable (environ 0,5 %). Les agglomérations urbaines (villes, villages) et les surfaces d'eau complètent l'occupation des terres avec environ 30 % du territoire. Les sols les moins fertiles de la région sont représentés par la grande proportion de surface de sol inutilisable sur le total (20,46%).

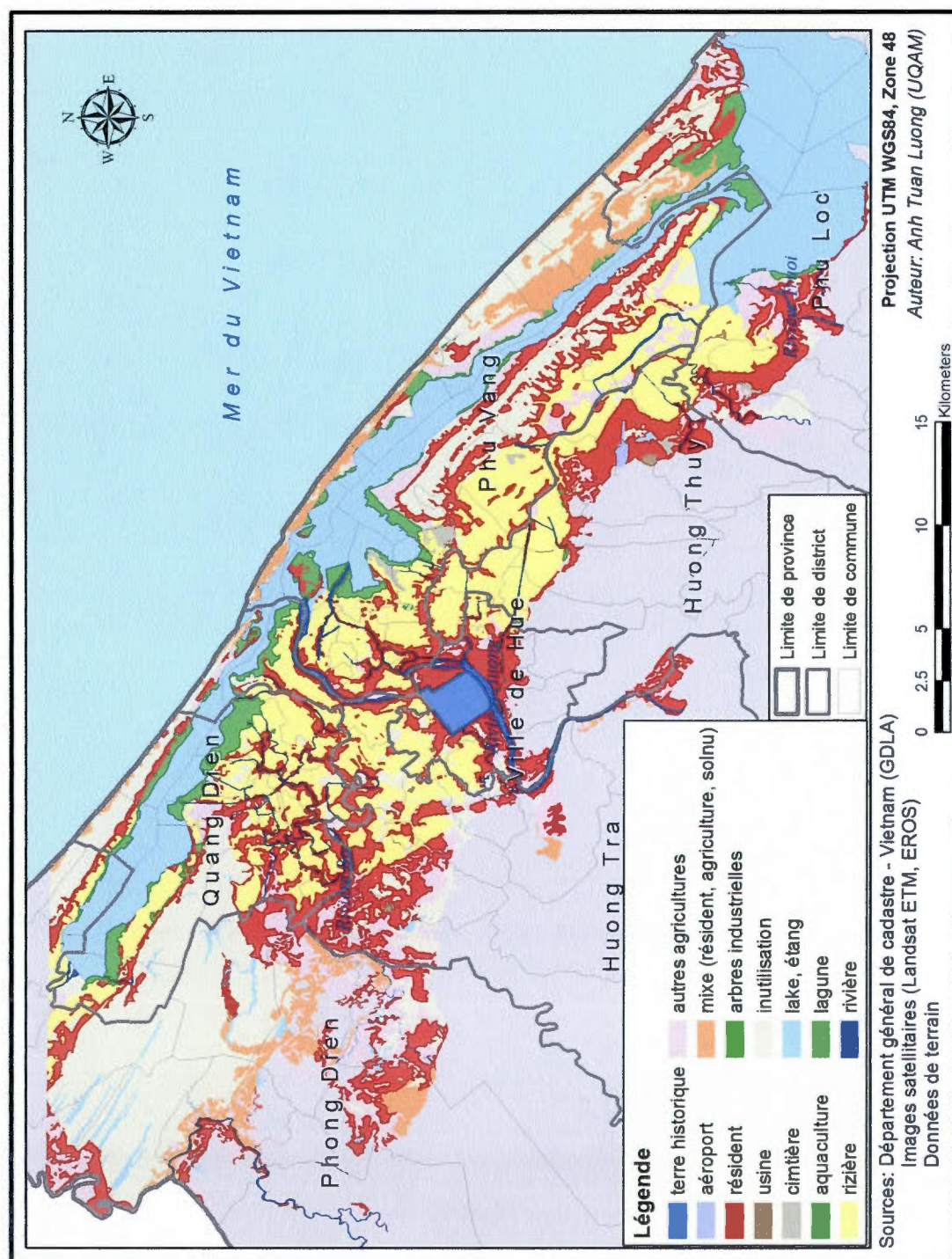


Figure 5.16a Occupation du sol pour les zones inondées

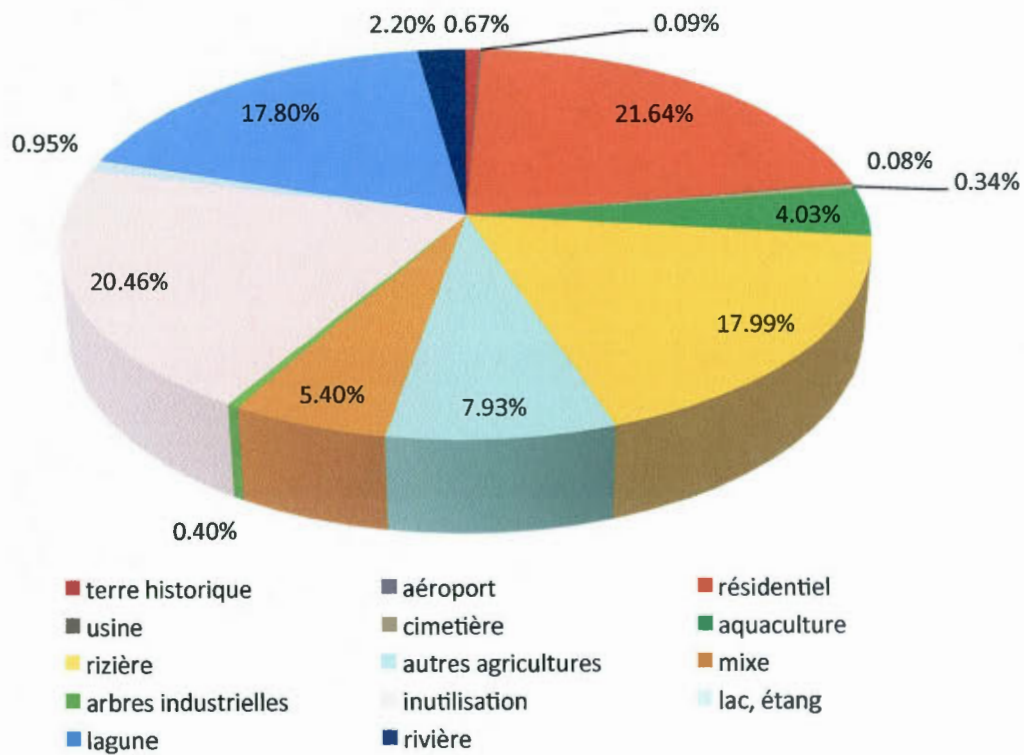


Figure 5.16b Distribution de l'occupation du sol

5.4.2 Coût des dommages

L'estimation des coûts des dommages se base sur l'occupation du sol et sur la participation publique. La figure 5.17a montre les niveaux de dommage économique estimés par la pondération des communautés pour chaque type d'occupation du sol.

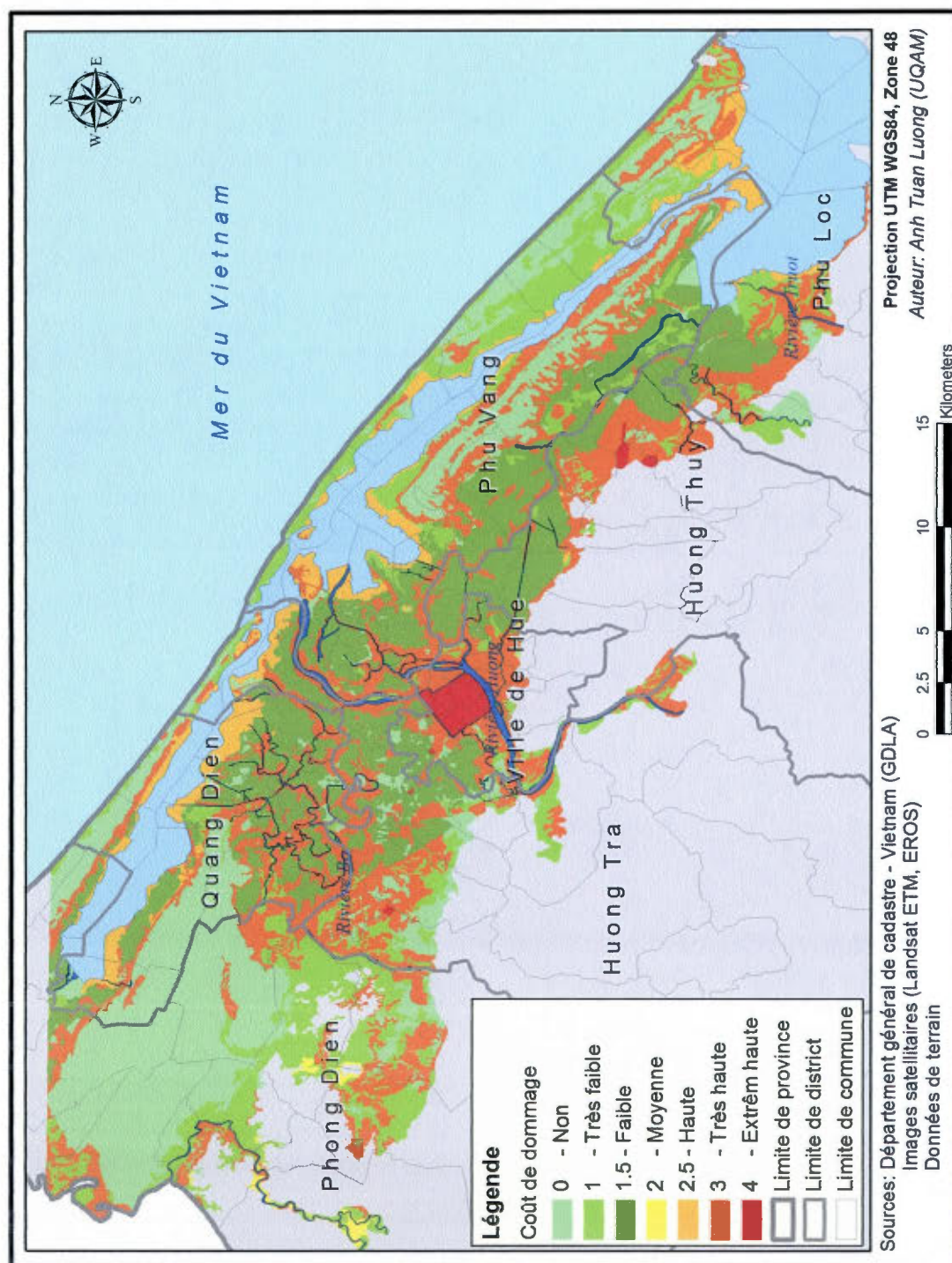


Figure 5.17a Coût des dommages en fonction de l'occupation du sol

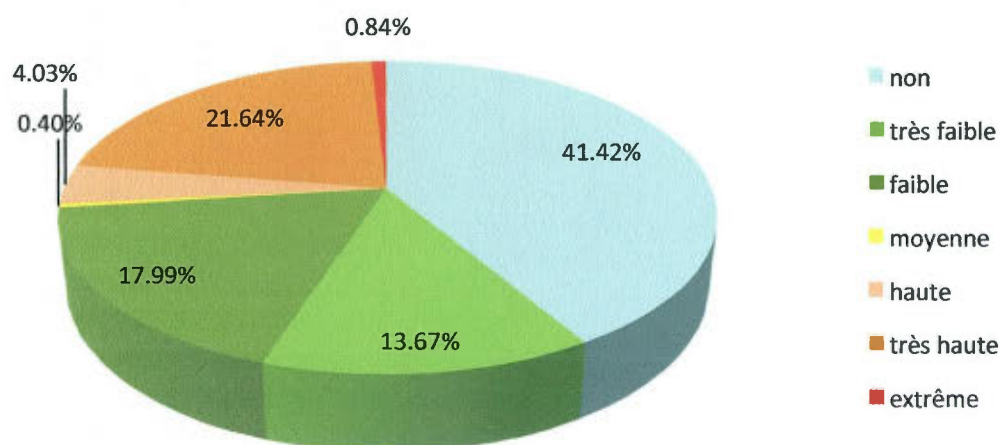


Figure 5.17b Distribution du coût des dommages en fonction de l'occupation du sol

5.5 Impacts potentiels sur l'environnement

Comme mentionné dans la partie précédente, le premier impact d'inondation sur l'environnement est la pollution, notamment par l'accumulation des déchets. Les zones potentiellement à risque de pollution sont les cuvettes qui se situent dans les zones à longue durée d'inondation. Cela est illustré par la figure 5.18.

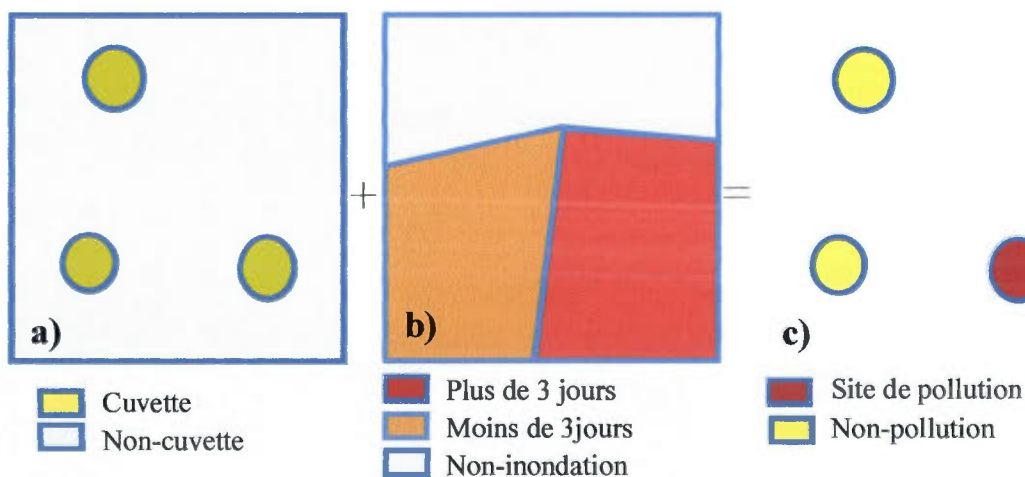


Figure 5.18 Détection des sites de pollution : a) Cuvettes locales ; b) Durée d'inondation ; c) Sites de pollution

Les cuvettes locales sont des ensembles de points voisins ou des plateaux qui sont plus bas que les zones voisines (Daniel, James et al. 2003; Soille, Vogt et al. 2003; Gyllenhammar and Gumbricht 2005). Pour détecter les minimums locaux dans la zone d'étude, on s'est inspiré de la méthode de Gyllenhammar et Thomas, (2005). En se basant sur les minimums locaux, nous avons déterminé des cuvettes locales. La figure 5.19 illustre les résultats obtenus à partir de la méthode de détection des cuvettes locales en utilisant une fenêtre 3 x 3 et une tolérance de 0,5 m. La taille de la fenêtre choisie et la tolérance jouent un rôle important dans la validité du calcul. La tolérance est calculée en fonction de l'erreur quadratique moyenne ($T = 2,7 \text{ eqm}$) (Tekatlian 2001; Chaplot, Darboux et al. 2006).

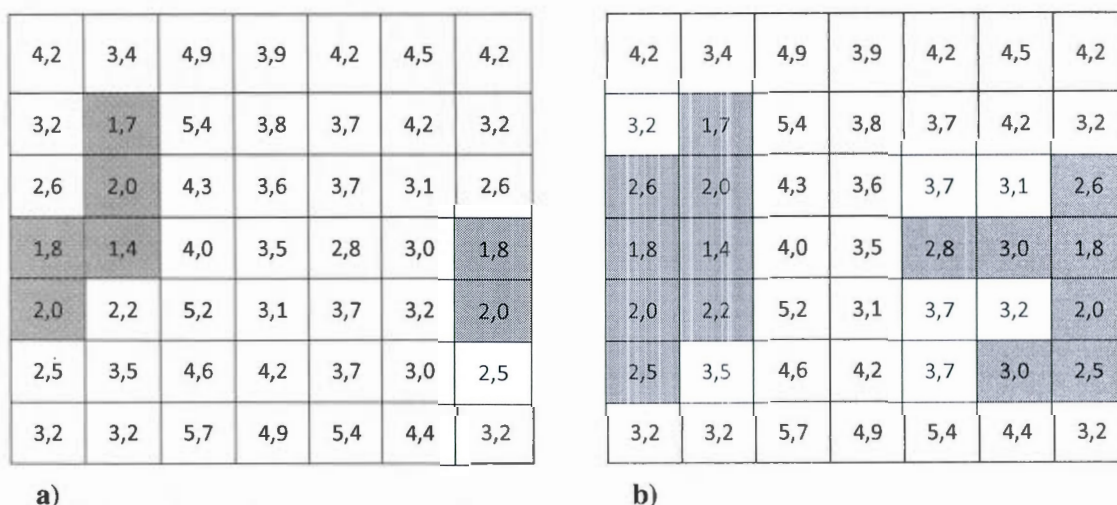


Figure 5.19 Détection des cuvettes locales : a) Minimums locaux; b) Extension régionale (tolérance = 0,5 m)

Les zones potentielles d'éboulements le long des trois rivières et d'érosion dans la zone de la porte de Thuan An et Tu Hien ont été simulées à partir des données et documents officiels du PCFSC ainsi que des entrevues auprès des communautés. Les 5 sites d'enquête de terrain concernant les impacts potentiels ont été effectués en avril 2004 pour évaluer les problèmes de pollution des déchets accumulés et d'éboulements de terrain. L'érosion est effectivement constatée sur l'image RadarSat de novembre 1999. La figure 5.20 présente certains impacts potentiels des inondations sur l'environnement.

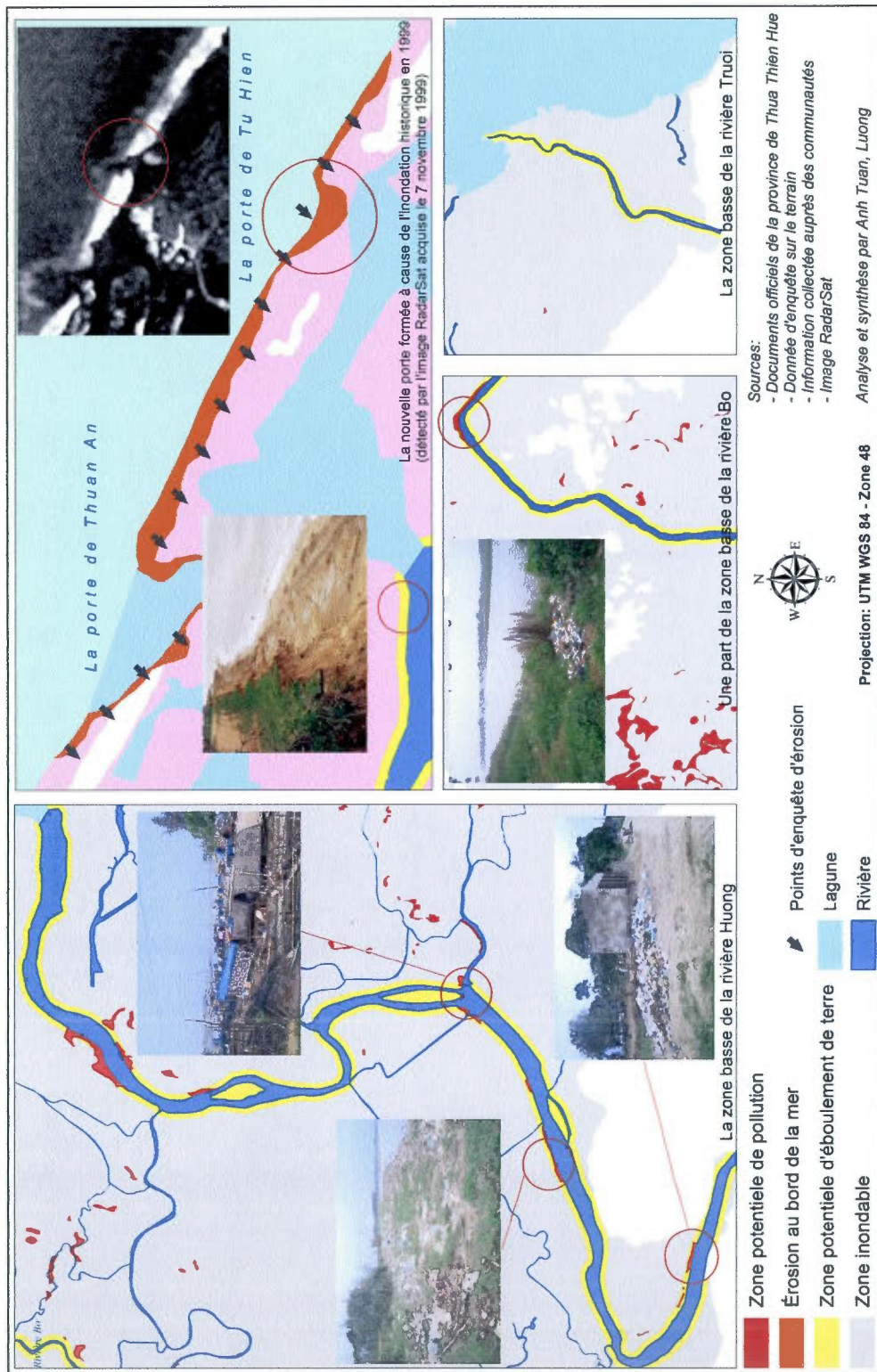


Figure 5.20 Impacts des inondations sur l'environnement

5.6 Risque social d'inondation

Le risque social d'inondation est établi à partir de l'intégration des facteurs influençant les risques d'inondation. Il est présenté par un indice qui varie entre 0 et 1. Par la suite, nous estimons cinq niveaux de risque (extrême, très fort, fort, moyen et faible) qui correspondent aux niveaux de risque d'inondation de chaque catégorie dans chaque couche.

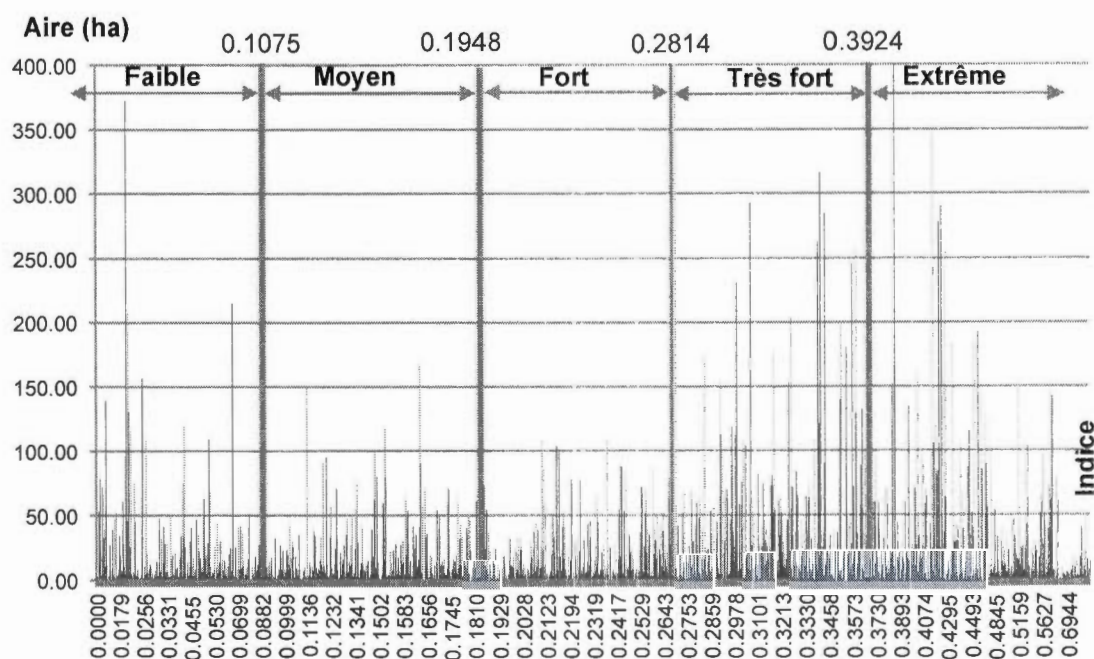


Figure 5.21 Seuillage des risques sociaux d'inondation

Avec la carte des risques sociaux d'inondation (figure 5.22), on peut d'abord constater que la classe de « risque extrêmement fort » est particulièrement représentée dans les zones marginales autour des lagunes et de l'embouchure des rivières Bo et Huong ; on l'observe également dans les zones transitionnelles du bassin de la rivière Bo et dans la zone amont du bassin de la rivière Huong. Les zones à plus faible risque sont présentes dans la ville de Hue. Les zones à risque moyen se trouvent dans le Sud-Est de la rivière Huong et entre les rivières Huong et Bo.

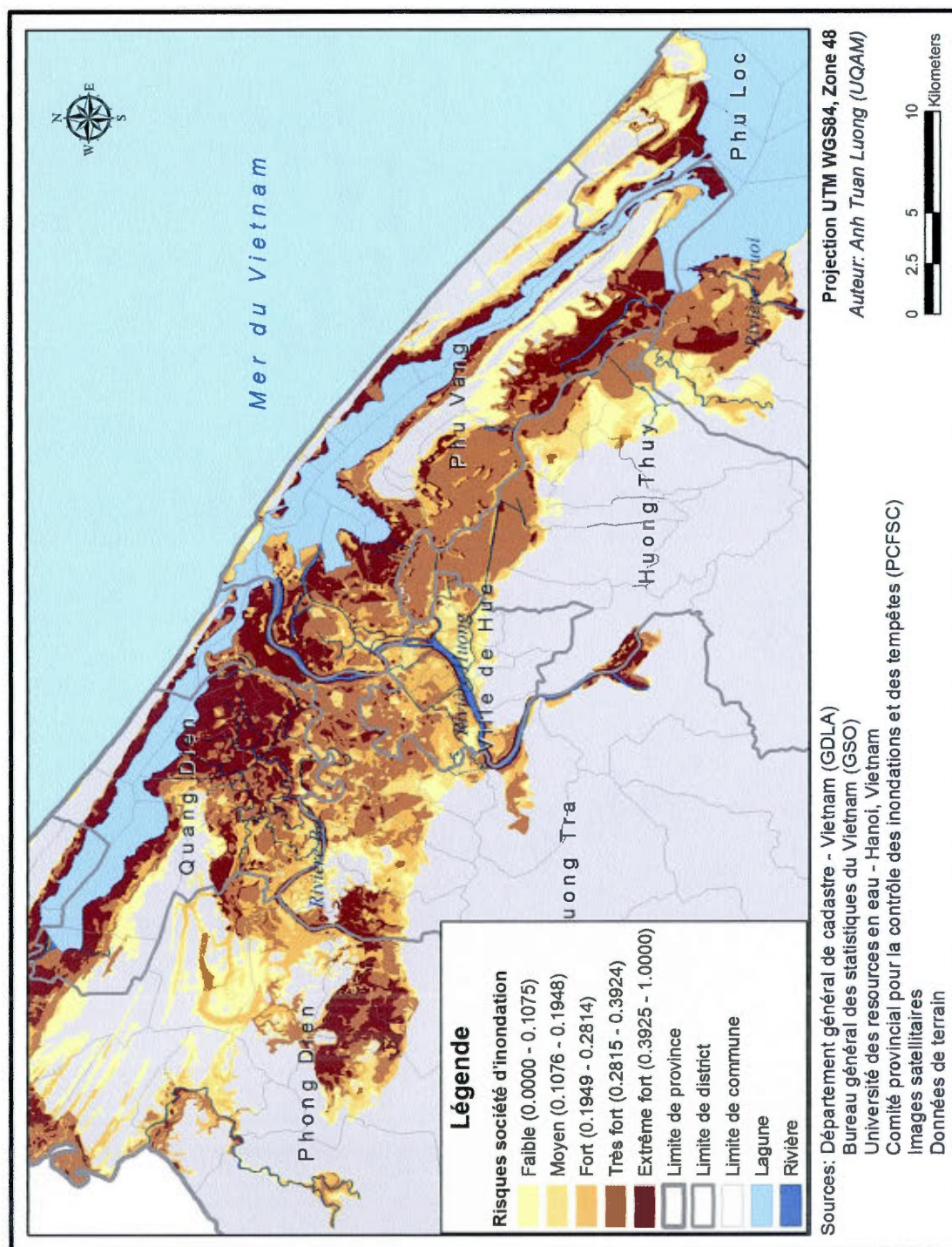


Figure 5.22 Carte du risque social d'inondation

Pour évaluer les différents risques d'inondation sociaux à l'échelle communale, nous avons élaboré une synthèse des risques par commune. L'addition des pourcentages des surfaces aux différents risques sur la surface totale d'une commune donne des valeurs allant entre 0 et 1 pour des risques sociaux d'inondation variant entre faible et extrêmement.

$$IRC_i = \frac{\sum SR_i \times R_i}{\sum R_i} \quad (5.8a)$$

$$IRCNi = \frac{IRC_i - IRC_{\min}}{IRC_{\max} - IRC_{\min}} \quad (5.8b)$$

Où :

IRC_i : Indice de risque social par commune

$IRCNi$: Indice normalisé de risque social par commune

SR_i : Pourcentage de surface de risque au niveau (i) sur la surface totale de commune

RI : Poids des niveaux de risque

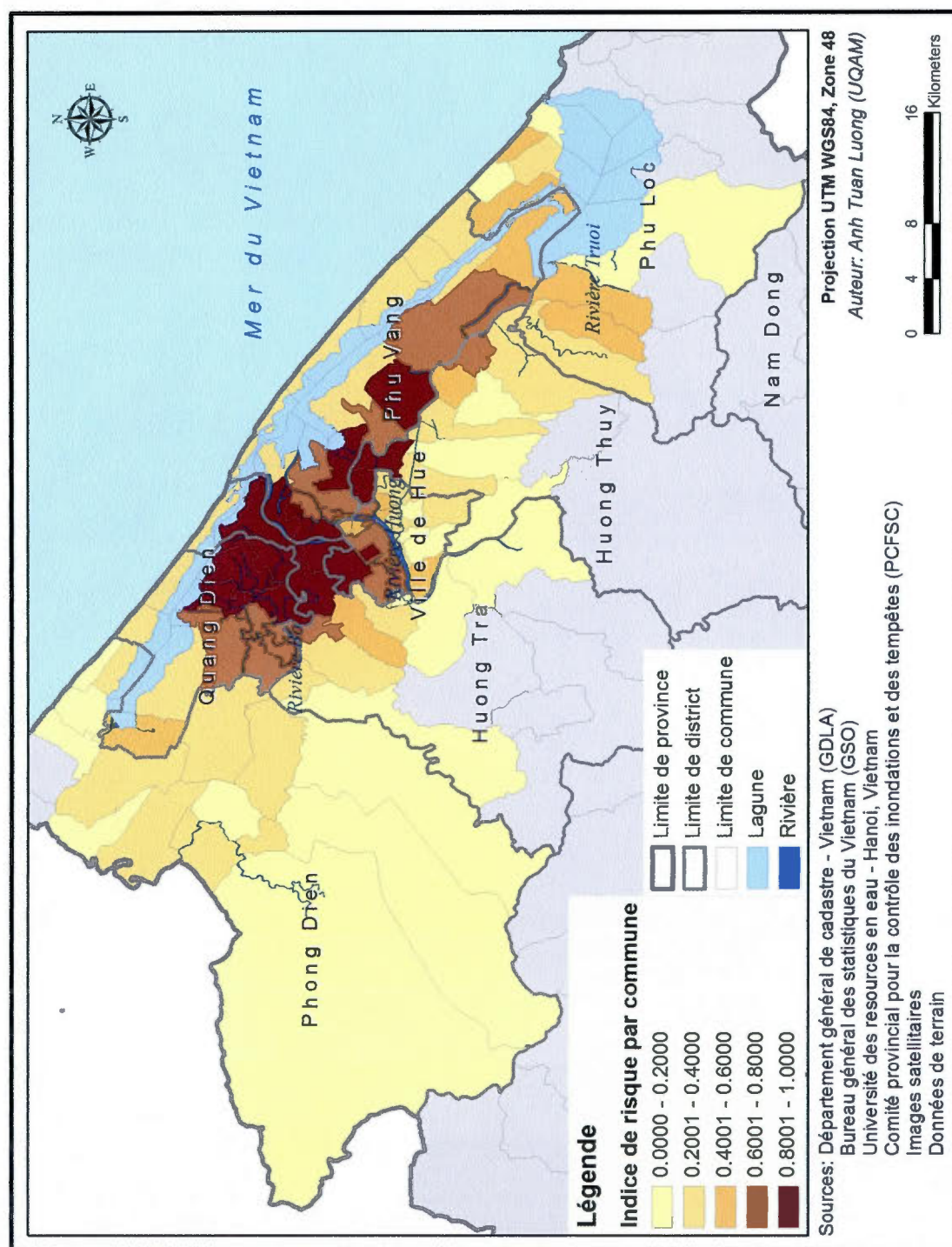


Figure 5.23 Indice du risque social d'inondation synthétisé par commune

Les indices de risque social d'inondation sont comparés avec l'estimation du niveau de risque des 16 communes soumises à la PRA. Nous rappelons que ces communes ont été choisies par les autorités du PCFSC de la province de Thua Thien Hue selon des critères proposés par le projet DMU (les communes devaient être concernées par le risque d'inondation et avoir été submergées pour au moins de 25% de leur surface totale pendant l'inondation historique de 1999). Même si le risque peut être compris de différentes manières, notre définition de risque ne correspond pas forcément à la perception des autorités. Pendant les entrevues avec Mr. Hung (directeur du PCFSC) et ses collègues, la perception de risque n'était pourtant pas très différente de notre définition. D'après eux, le risque d'inondation est plus physique et plus économique, il est donc le résultat de l'intégration entre l'aléa d'inondation et les dommages. Donc, la validation de nos résultats des risques d'inondation pourrait porter sur la perception du risque dans les 16 communes de PRA. Ces résultats sont présentés dans le tableau 5.5.

Tableau 5.5 Validation du risque social d'inondation

District	Commune	% inon.	Indice de risque	Auteur	Commu- -nautés	Validation
Ville de Hue	Phu Thuan	100.00	0.7302	****	*****	Vrai
Ville de Hue	Phu Binh	100.00	0.6113	****	*****	Vrai
Ville de Hue	Phu Hiep	100.00	0.4367	***	****	Vrai
Ville de Hue	Phu Hoa	100.00	0.6880	****	*****	Vrai
Ville de Hue	Kim Long	100.00	0.6362	****	*****	Vrai
Ville de Hue	Thuy Bieu	57.96	0.4061	***	****	Vrai
Ville de Hue	Thuy An	32.80	0.2247	**	****	Faux
Phong Dien	Phong Son	20.82	0.1840	**	****	Faux
Quang Dien	Sia Town	92.86	0.6300	****	****	Vrai
Huong Tra	Huong Phong	100.00	0.8058	*****	*****	Vrai
Huong Tra	Huong Vinh	100.00	0.8177	*****	*****	Vrai
Phu Vang	Phu Thanh	100.00	0.8890	*****	*****	Vrai
Phu Vang	Phu An	100.00	0.6346	****	*****	Vrai
Huong Thuy	Thuy Chau	47.31	0.3862	**	****	Faux
Phu Loc	Loc An	63.52	0.5052	***	****	Vrai

District	Commune	% inon.	Indice de risque	Auteur	Commu- -nautés	Validation
Phu Loc	Loc Dien	9.91	0.0505	*	****	Faux
Validation :				*****	Très haut	
Commune de vrai (Indice > 0.4) : 12				****	Haut	
Commune de faux (Indice < 0.4) : 4				***	Moyen	
Total commune : 16				**	Faible	
DiAc: 75%				*	Très faible	

En conclusion, la fiabilité des résultats n'est pas parfaite si on considère des erreurs entre le modèle d'interpolation de la profondeur d'inondation et l'autre source des enquêtes de terrain est de 32%; de 23% pour le résultat des durées d'inondation et d'au moins de 25% d'erreur sur la discussion des risques d'inondation. La moyenne différence entre les deux sites de validation profondeur est de 0,7 m et de durée est de 12 heures, qui peuvent être expliqués soit par leur localisation proche à la limite entre les deux zones à la profondeur différente, ou soit par l'erreur de la méthode proximité de mesure. Les mesures sont souvent basées sur les traces de l'inondation historique et sur les entrevues des gens locaux. On peut constater aussi la répartition des sites d'enquête de la hauteur d'inondation ne sont pas uniforme. La haute densité de ces sites s'est trouvée dans le centre, est beaucoup moins densité dans les zones marginales de la province. Cependant, il faut noter que même s'il existe encore la question d'erreur, cependant, avec notre modèle la qualité des résultats est déjà améliorée si on faire la comparaison avec les autres résultats de recherche et si on bien comprend la difficulté de collection des données précises dans le contexte d'un pays en voie de développement, tel que Viet-Nam.

Tableau 5.6 La synthèse de la qualité des recherches d'inondation au Centre du Viet-Nam

No	Auteur	Titre de recherche	Validation	Source
1	Centre de conseil et soutien technique de la météorologie, l'hydrologie et	Cartographie de l'inondation de sept provinces centrales du Vietnam	Moins de 50%	DMU 2002

No	Auteur	Titre de recherche	Validation	Source
	l'environnement			
2	Institut de géographie, CNTRN du Vietnam	Modélisation des inondations de la province de Quang Binh	47 %	DMU 2002
3	Piero Villegas	Modélisation des inondations dans le bassin de la rivière Huong, centre du Viet-Nam	Pas de validation	Villegas 2004
4	Centre de recherches hydrologiques (HRC)	Modélisation des inondations de la province Quang Nam et la ville de Da Nang, centre du Viet- Nam	Pas de validation	DMU 2002
5	Institut de la météorologie et de l'hydrologie (IMH)	Modélisation des inondations en aval des rivières Huong et Bo, province de Thua Thien Hue	Pas de validation	DMU 2002
6	Service de l'hydro- météorologique du Viet Nam (HMS)	Modélisation des inondations des provinces Quang Ngai et Binh Dinh, centre du Viet-Nam	Pas de validation	DMU 2002

Malgré qu'il y ait encore l'amélioration sur la qualité des résultats par les mises à jour des quantités des données topographiques et ainsi que les celles d'inondation, les résultats de notre étude permettent de fournir les informations sur la perspective de la gestion des risques d'inondation. Ils correspondent aux besoins des communautés avec l'indication de répartition spatiale des différences niveaux risques d'inondation à l'échelle communale. Ils répondent également aux questions des autorités : ou on pourra trouver les zones dominantes des risques d'inondation et pourquoi ou comment il existe les risques à haut niveau dans ces

zones, afin de leur aider à la prise de décision dans le plan de gestion des risques d'inondation. Nous allons faire l'analyse des risques d'inondation dans le chapitre VI; et aussi les statistiques détaillées de situation des risques d'inondation par commune dans l'appendice A.

CHAPITRE VI

GESTION DURABLE DES RISQUES D'INONDATION

6.1 Rôle de l'évaluation des risques d'inondation

L'intégration du développement économique avec la prévention et la réduction des risques d'inondation nécessite de savoir quel est l'ensemble des problèmes qui influencent les niveaux les plus élevés de risques d'inondation. En zone inondable, le développement urbain et économique constitue l'un des principaux facteurs aggravants, par augmentation de la vulnérabilité. Avant de pouvoir disposer de documents de planification des orientations, les évaluations des indications sur les circonstances dans lesquelles ces évaluations des risques d'inondation dans les zones à risque important d'inondation sont effectués devraient être entreprises (Planning-Policy-Wales 2003). Dans le plan stratégique et politique du gouvernement ainsi que celui de la gestion provinciale d'inondation, l'évaluation des risques d'inondation est considérée comme un outil pour la prévention des risques d'inondation, elle est définie dans un des articles officiels. Un rapport sur les méthodes utilisées et les conclusions de l'évaluation des risques d'inondation devraient être soumis à l'autorité de planification du développement local. Cela devrait fournir suffisamment d'information pour que l'autorité chargée de la planification du développement local puisse prendre une décision éclairée quant à la pertinence du projet proposé en termes de risque d'inondation (Nicholls, Mokrech et al. 2005).

Avec la participation des communautés inondées dans la province de Thua Thien Hue, nos résultats de l'évaluation des risques d'inondation permettent d'abord d'adresser l'aléa de l'inondation historique de 1999 pour la province de Thua Thien Hue. En second lieu, en intégrant les vulnérabilités, les dommages prévus et les impacts potentiels sur l'environnement, ils permettent de rapporter les problèmes associés à l'inondation aux trois sphères : sociale, économique et environnementale. Pour établir les différents niveaux de ces facteurs à l'échelle communale, nous avons dressé une synthèse des facteurs par commune.

L'addition des pourcentages des surfaces aux différents facteurs sur la surface totale d'une commune a permis de les normaliser et de les ramener à des valeurs allant de 0 à 1. Par la suite, nous avons estimé cinq niveaux de risque correspondant à ces valeurs (extrême: 0.8-1, très fort : 0.6-0.8, fort : 0.4-0.6, moyen : 0.4-0.2 et faible : 0-0.2).

6.1.1 Rapport sur l'aléa d'inondation

Comme l'a montré la définition présentée dans le chapitre V, il y a 10 niveaux de l'aléa d'inondation. Nous avons calculé le pourcentage de la superficie de chaque niveau sur la superficie totale de commune. Ces pourcentages sont considérés comme les valeurs d'intrant et les niveaux d'aléa sont les pondérations ayant servi à calculer les indices de l'aléa d'inondation par chaque commune.

Tableau 6.1 Synthèse de l'aléa d'inondation par district

No	Nom de district	Nombre de communes par indice					Nombre de commune inondables	Total commune
		Extrême	Très fort	Fort	Moyen	Faible		
1	Ville de Hue	1	4	11	6	3	25	25
2	Phong Dien	0	0	1	5	8	14	15
3	Quang Dien	3	3	2	3	0	11	11
4	Huong Tra	1	3	1	4	3	12	16
5	Huong Thuy	2	0	2	3	3	10	12
6	Phu Vang	2	6	2	9	2	21	21
7	Phu Loc	0	0	3	3	3	9	18

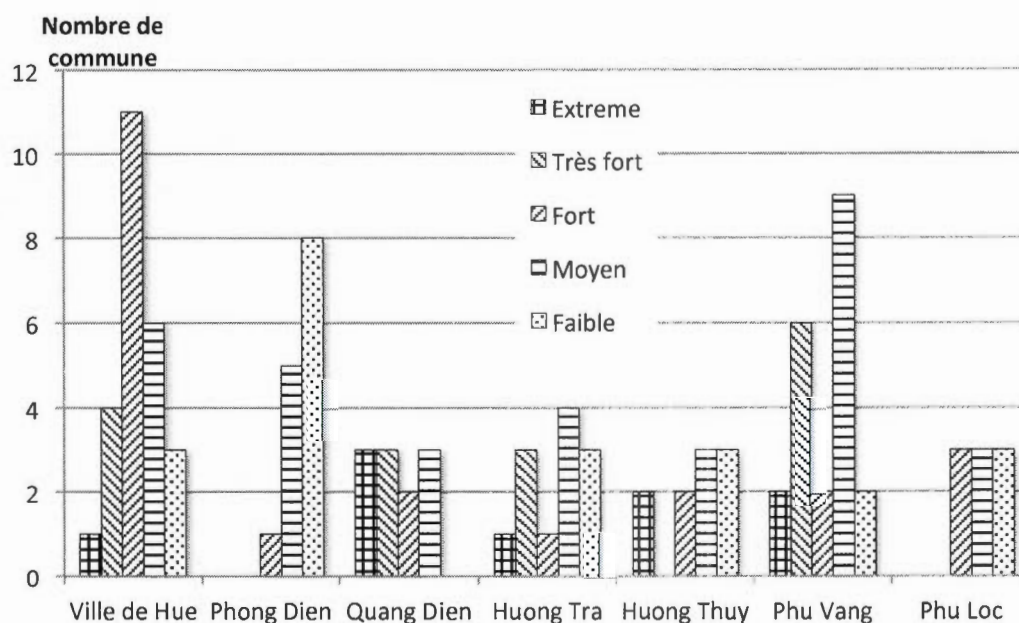


Figure 6.1 Synthèse de l'aléa d'inondation par district

La synthèse de l'aléa d'inondation historique de 1999 par commune (tableau 6.1 et figure 6.1) nous permet d'analyser le déroulement de l'inondation au niveau des districts. Il y a trois districts principalement touchés et submergés : ville de Hue, Phu Vang et Quang Dien, avec des communes marquées par un indice d'aléa extrême. La surface inondée dans le district de Phu Loc est beaucoup moindre, seulement la moitié des communes est touchée par l'inondation. L'autre moitié de des communes de ce district sont situées dans la zone montagneuse. Dans les trois autres districts, l'influence de l'inondation demeure considérable, avec 80% à 90 % du nombre des communes qui sont touchées par l'inondation. Au niveau de l'aléa de l'inondation (combinaison de la profondeur et de la durée), le district de Phu Vang se distingue, avec 8 communes sur un total de 21, soit 38% des communes, qui sont au niveau extrême et très fort. Par la suite ce sont 1) le district de Quang Dien (3 communes au niveau extrême et 3 communes au niveau très fort), 2) la ville de Hue (1 commune au niveau extrême et 4 communes au niveau très fort) et 3) le district de Huong Tra avec 4 communes au niveau extrême et très fort. Les deux districts montagneux, Phu Loc et Phong Dien, ont un moindre niveau de dangerosité d'inondation.

6.1.2 Rapport sur les vulnérabilités

Dans la ville de Hue, on peut observer les 11 communes sur un total de 25 qui sont plus vulnérables. Les 5 communes (Thuy An, Thuy Xuan, Huong Long, Thuy Bieu, Huong So) de forte vulnérabilité sont marquées par de fortes valeurs d'indice pour presque tous les facteurs sociaux, sauf celui de densité de population. Pour les autres 6 communes de forte vulnérabilité (Vi Da, Kim Long, Phu Cat, Phu Hoa, Phu Hiep, Phu Binh), l'indice de pauvreté n'est pas très forte, mais tous les autres indices sont assez élevés (figure 5.17a).

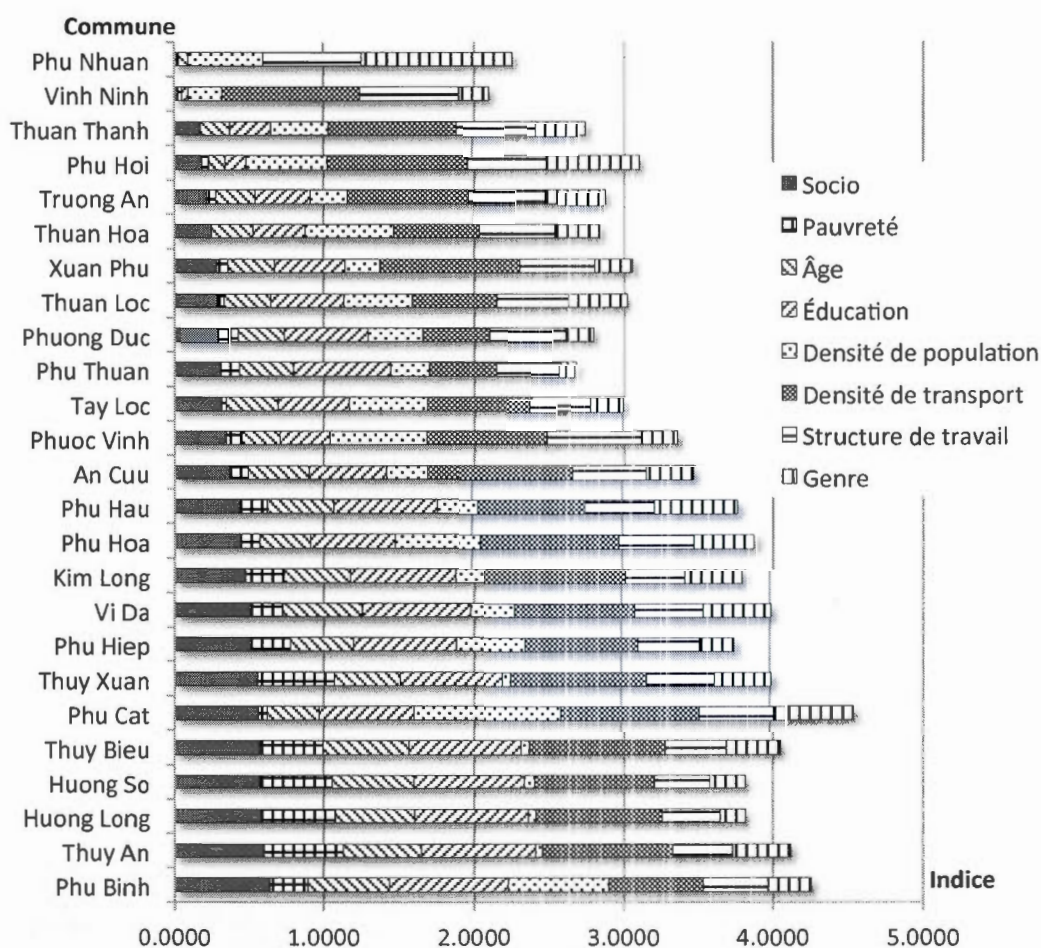


Figure 6.2a Vulnérabilité socio, ville de Hue

Dans les deux districts situés au Nord-Ouest de la province, il n'a pas de forte différence entre les indices de vulnérabilité socio, presque toutes les communes sont caractérisées par un

indice de vulnérabilité très fort, à l'exception des centres de deux districts (Sia et Phong Dien). La faible vulnérabilité de ces deux centres correspond à un faible indice de pauvreté.

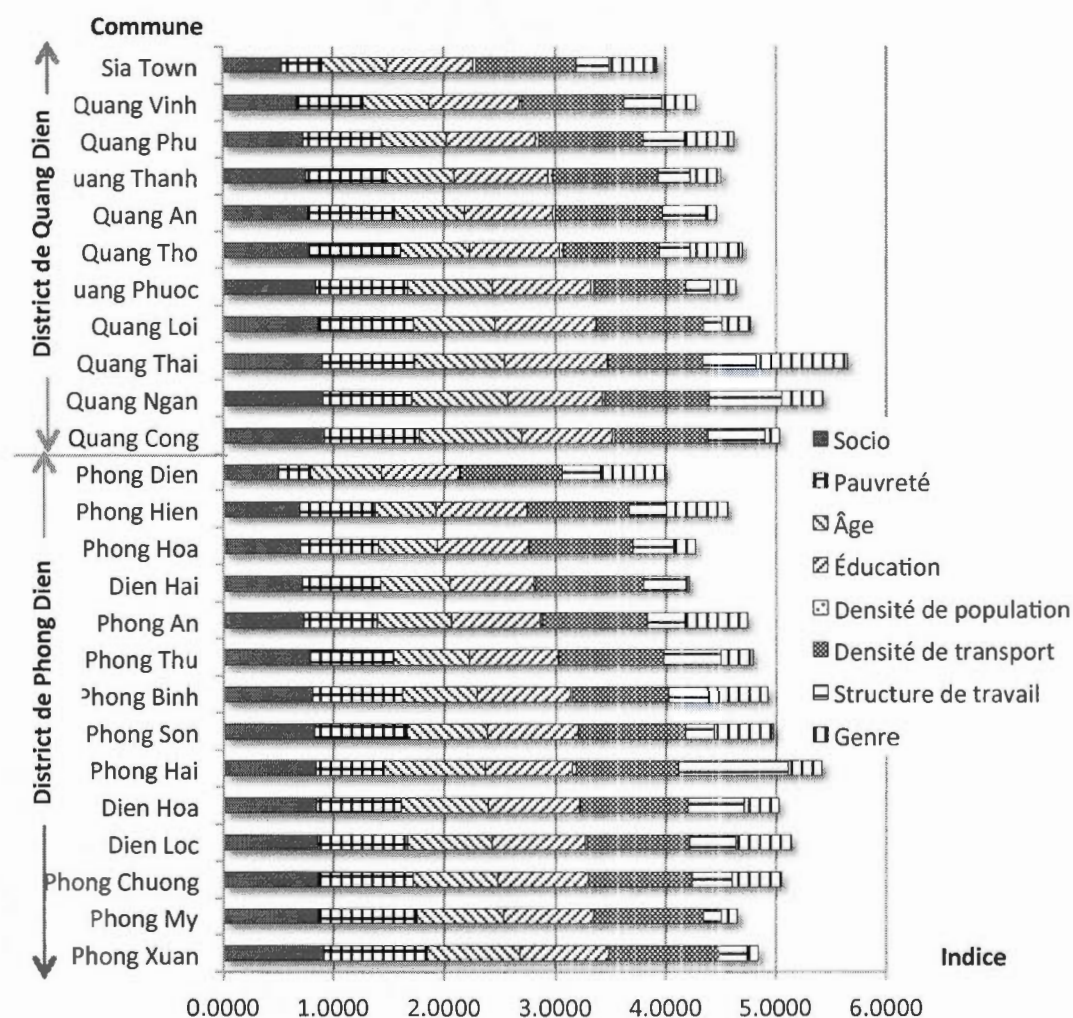


Figure 6.2b Vulnérabilité socio, districts de Quang Dien et Phong Dien

On peut constater le même statut de vulnérabilité dans les deux districts de Huong Thuy et Huong Tra, situés dans le centre des bassins des rivières Huong et Bo. La faible valeur de vulnérabilité ne se retrouve que dans les centres de ces deux districts (Phu Bai et Tu Ha).

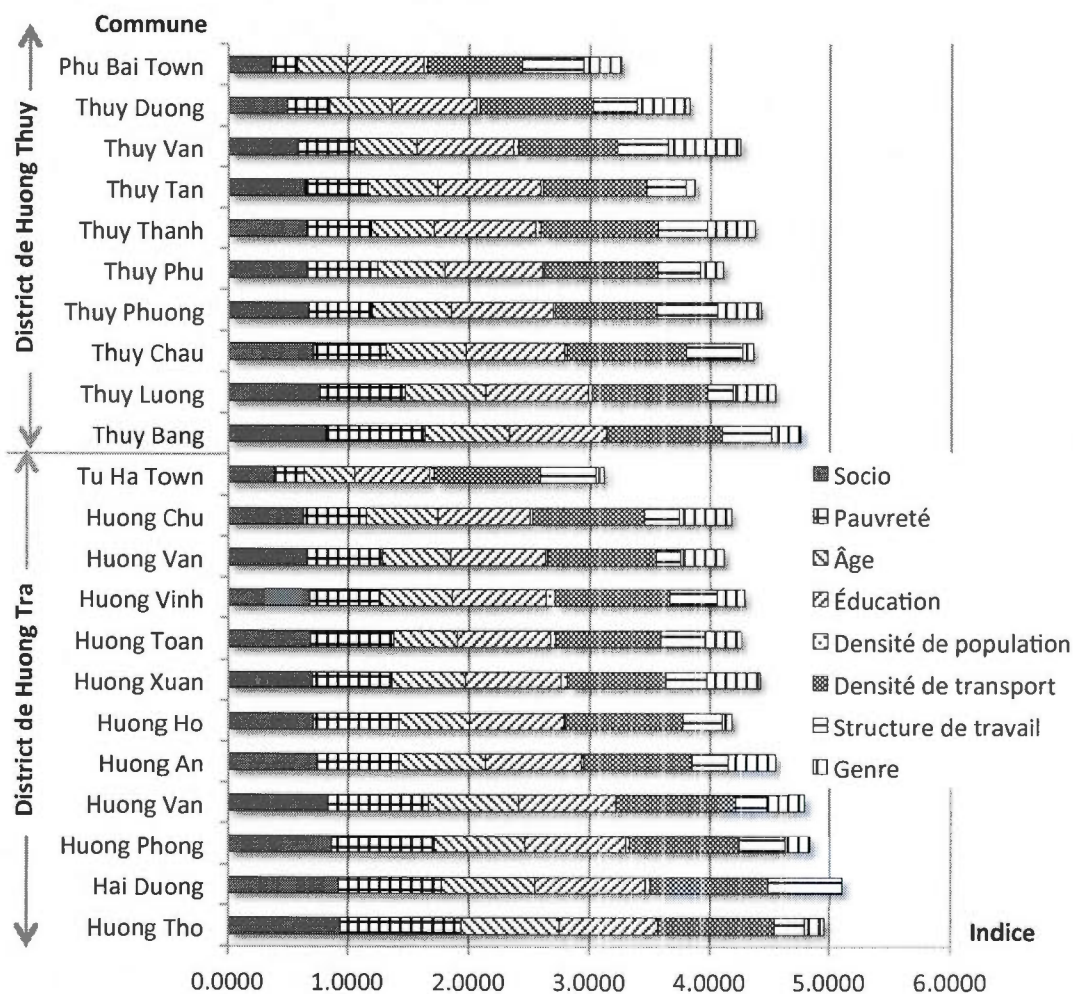


Figure 6.2c Vulnérabilité socio, districts de Huong Tra et Huong Thuy

Les communes à forte vulnérabilité sont observées dans les deux derniers districts (Phu Vang et Phu Loc) situés au sud-est de la province. Le maximum de vulnérabilité (valeur d'indice 1) est observé dans la commune de Phu An, district de Phu Vang. Dans plupart de ces deux districts, l'indice de vulnérabilité des communes approche la valeur maximale. Il n'y a que quelques communes qui sont moins vulnérables, comme celles de Phu Thuong et Thuan An.

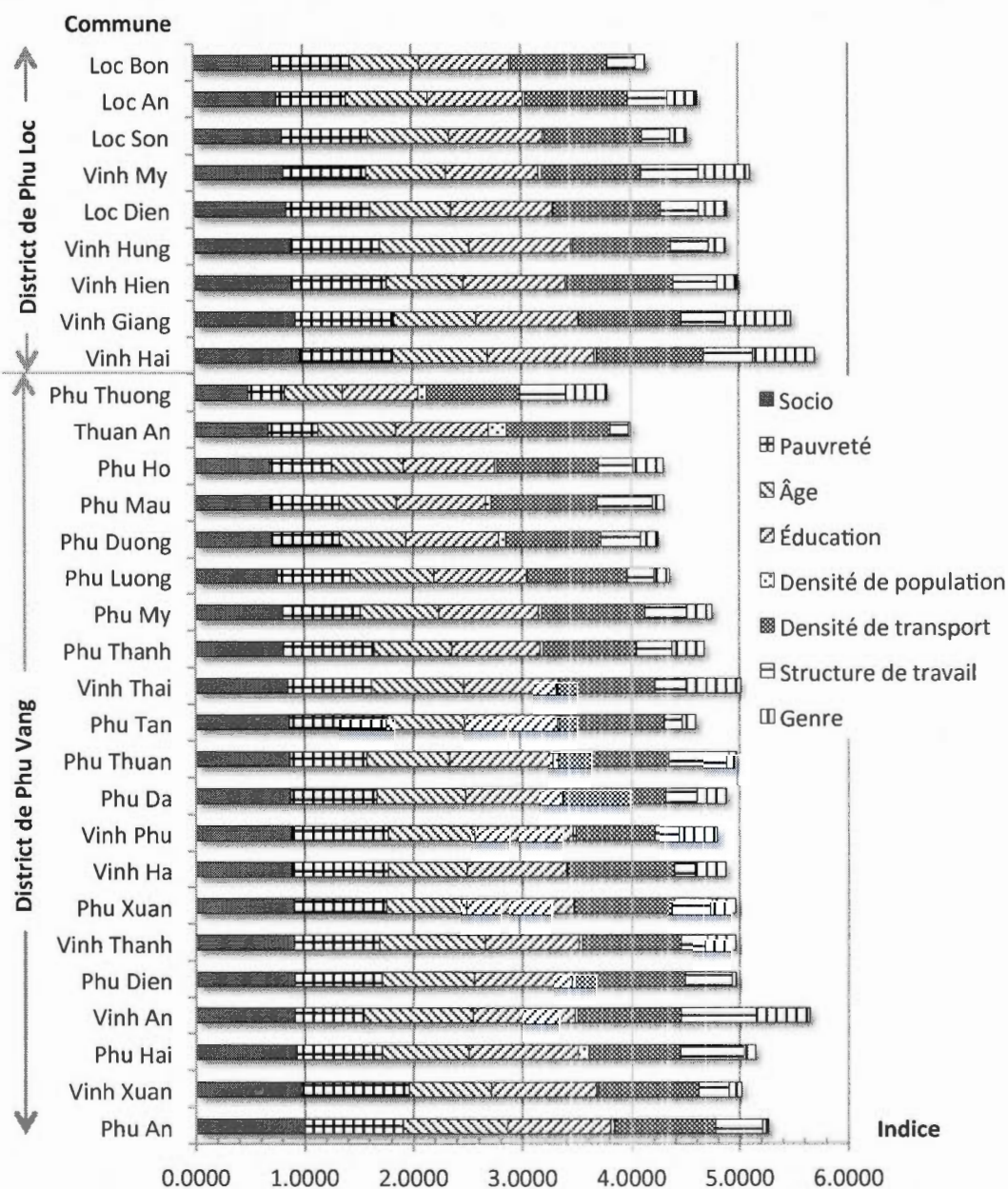


Figure 6.2d Vulnérabilité socio, districts de Phu Vang et Phu Loc

Les différences de vulnérabilité des districts dans la province de Thua Thien Hue peuvent être synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.2 Synthèse des vulnérabilités par district

No	Nom de district	Nombre de communes à vulnérabilité					Nombre de communes inondables	Total communes
		Extrême	Très forte	Forte	Moyenne	Faible		
1	Ville de Hue	0	2	10	9	4	25	25
2	Phong Dien	8	5	1	0	0	14	15
3	Quang Dien	5	5	1	0	0	11	11
4	Huong Tra	4	7	1	0	0	12	16
5	Huong Thuy	1	6	2	1	0	10	12
6	Phu Vang	15	5	1	0	0	21	21
7	Phu Loc	7	2	0	0	0	9	18

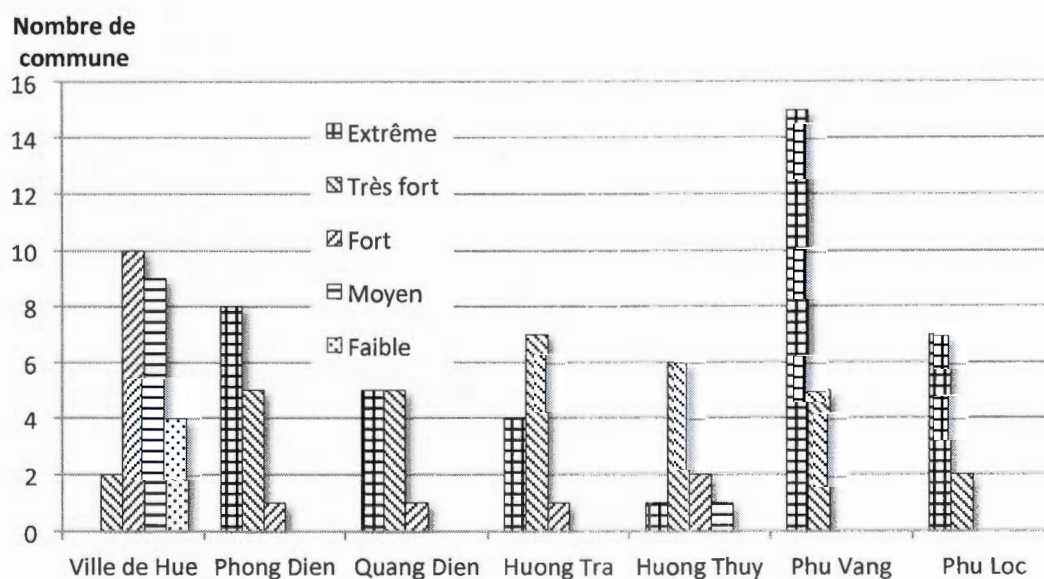


Figure 6.3 Synthèse des vulnérabilités par district

On peut d'abord remarquer que l'ensemble des 25 communes de la ville de Hue ont été submergées pendant l'inondation historique de 1999, mais leurs vulnérabilités ne dépassent pas le niveau très fort. Au contraire, tous les autres districts, bien que n'ayant pas été

submergés totalement par les districts de Phu Vang, Phong Dien, Quang Dien et Phu Loc, où la vulnérabilité est au moins de niveau fort, voire plus.

6.1.3 Rapport sur les dommages économiques

Pour évaluer les niveaux de dommages économiques par commune, nous avons calculé le pourcentage de la superficie de chaque indice des dommages sur la superficie totale de chaque commune. Les indices de dommages de chaque commune ont été calculés par le total de pourcentage de tous les indices des dommages considéré comme la pondération des dommages.

Tableau 6.6 : Synthèse des dommages par district

No	Nom de district	Nombre de commune avec dommages					Nombre de communes inondables	Total communes
		Extrême	Très fort	Fort	Moyen	Faible		
1	Ville de Hue	6	4	9	4	2	25	25
2	Phong Dien	0	0	0	0	14	14	15
3	Quang Dien	0	0	4	5	2	11	11
4	Huong Tra	0	0	4	4	4	12	16
5	Huong Thuy	0	0	4	2	4	10	12
6	Phu Vang	0	0	4	10	7	21	21
7	Phu Loc	0	0	0	6	3	9	18

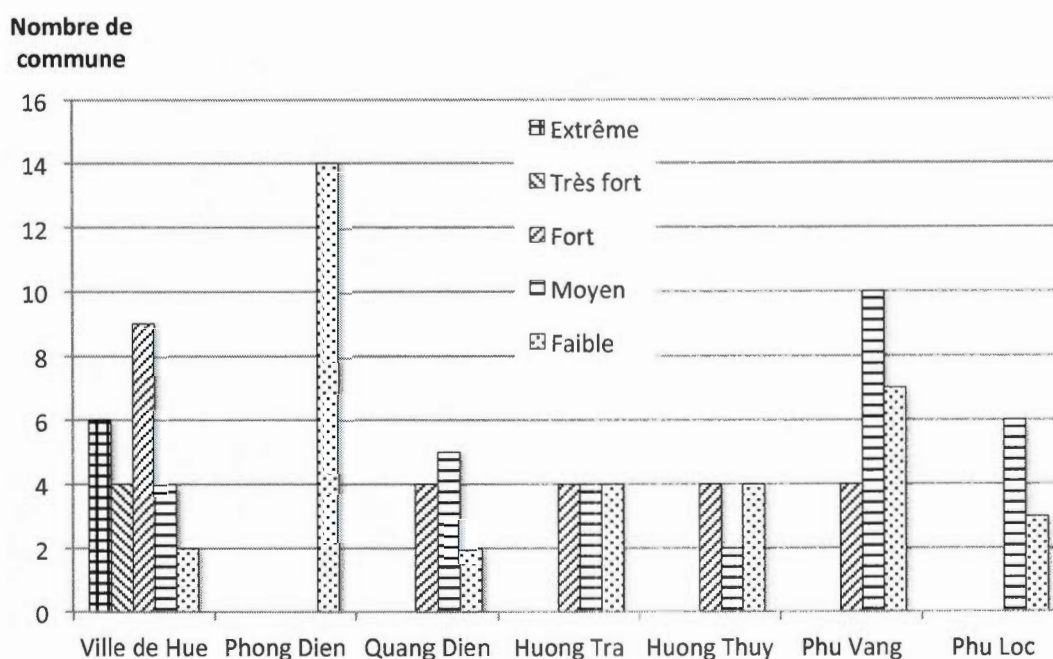


Figure 6.4 Synthèse des dommages par district

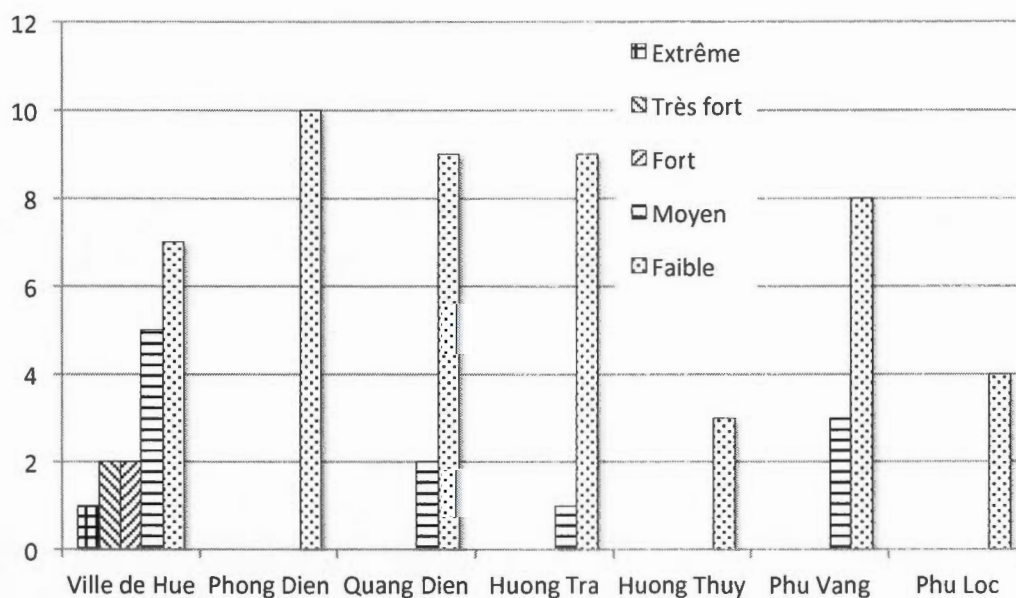
La synthèse permet de constater que dans la ville de Thua-Thien-Hue, le nombre de communes à haut niveau de vulnérabilité est plus faible que dans les autres districts et que le niveau d'éducation et de pauvreté est plus faible, tandis que l'accès aux services publics est plus facile et ceci grâce au développement des réseaux de transport dans cette ville. Cependant, la concentration de zones résidentielles et les autres zones à haut potentiel de dommages, tels que les terres historiques et les usines fait qu'on retrouve un grand nombre de communes à haut niveau de dommages potentiels.

6.1.4 Rapport sur les impacts environnementaux

Pour évaluer les niveaux des impacts d'inondation sur l'environnement par commune, nous avons calculé le pourcentage de la superficie de chaque type d'impacts sur la superficie totale de chaque commune. Les indices des impacts par commune ont été calculés par le total de pourcentage des trois impacts, le rôle de chaque impact étant considéré au même niveau que les autres.

Tableau 6.3 Synthèse des impacts environnementaux par district

No	Nom de district	Nombre de commune avec impacts					Nombre de communes		
		Extrême	Très fort	Fort	Moyen	Faible	Impact	Inondées	Total
1	Ville de Hue	1	2	2	5	7	17	25	25
2	Phong Dien	0	0	0	0	10	10	14	15
3	Quang Dien	0	0	0	2	9	11	11	11
4	Huong Tra	0	0	0	1	9	10	12	16
5	Huong Thuy	0	0	0	0	3	3	10	12
6	Phu Vang	0	0	0	3	8	11	21	21
7	Phu Loc	0	0	0	0	4	4	9	18

Nombre de commune**Figure 6.5 Synthèse des impacts environnementaux par district**

La synthèse des considérations environnementales permet de constater que les impacts environnementaux sont plus forts dans la ville de Hue. Parmi ces impacts les éboulements

sont plus fréquents dans cette ville. Dans le district de Phu Vang, seule la commune de Thuan An a une valeur d'indice moyenne à cause de l'occupation de 15% de sa superficie par les impacts de l'érosion littorale. Les impacts enregistrés pour toutes les autres communes sont n'y étant pas très importante par rapport à la superficie totale des communes.

6.1.5 Rapport sur les risques sociaux d'inondation

Les risques détaillés par commune sont présentés dans les graphiques ci-dessous.

Dans la ville de Hue, on peut observer que beaucoup de communes sont totalement submergées. Cependant, on y retrouve très peu de surfaces à risque extrême, les risques très fort, fort et moyen occupant la plus grande part des surfaces inondées. Les deux communes les plus à risques sont Tay Loc et Huong So, avec des indices supérieurs à 0,8. Les trois communes les moins risques sont Thuy Xuan, Truong An et An Cuu. La plupart des communes ont les indices de risque moyens (autour de 0,6).

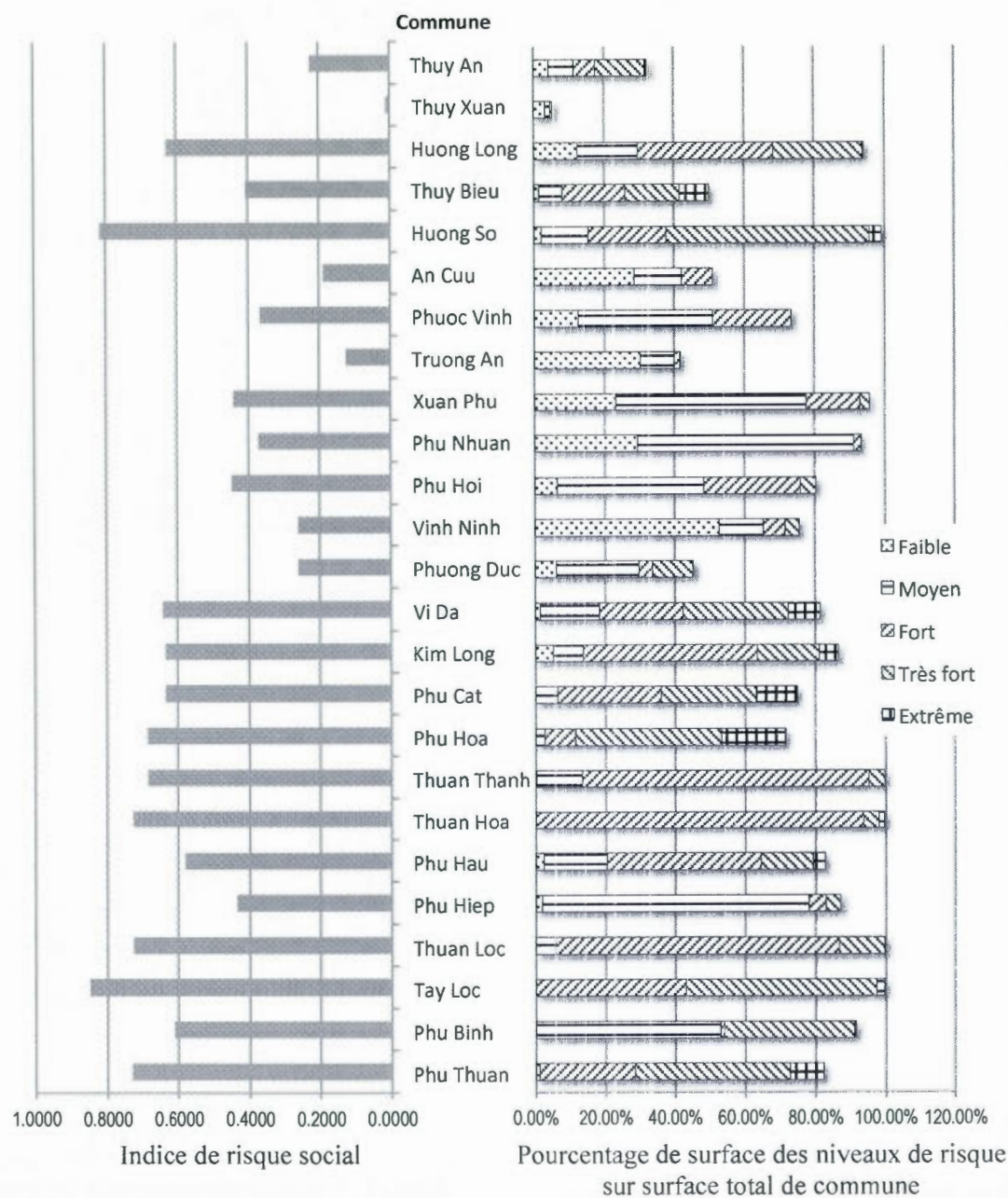


Figure 6.6a Risque social, Ville de Hue

Dans les deux districts du Nord-Ouest: Quang Dien et Phong Dien, le pourcentage de surface inondée sur la surface totale n'est pas très fort. Seules cinq communes ont un pourcentage d'inondation supérieur à 80%. Cependant, la surface à plus haut risque (risque extrême) dans

ces communes doit être prise en considération, particulièrement la commune de Quang An où le risque est maximum avec une valeur d'indice de 1 et l'autre commune, Quang Thanh, où cette valeur est proche de la valeur maximum.

Pour établir les problèmes des risques sociaux en fonction des indices de chaque facteur par commune, nous avons construit les tableaux synthèse (voir tableaux A.6x dans Appendice A). Les informations contenues dans ces tableaux indiquent les problèmes concernant les hauts niveaux de risque d'inondation pour chaque commune afin d'aider les autorités à prendre les décisions adéquates dans leur plan détaillé de gestion durable des inondations. Les trois niveaux de risques correspondent aux valeurs des indices supérieurs ou égaux à 0.4 sont considérés comme des problèmes concernant les risques d'inondation pour les communes, tels que le statut de l'aléa d'inondation, la vulnérabilité des communautés, les dommages potentiels et les impacts environnementaux prévus.

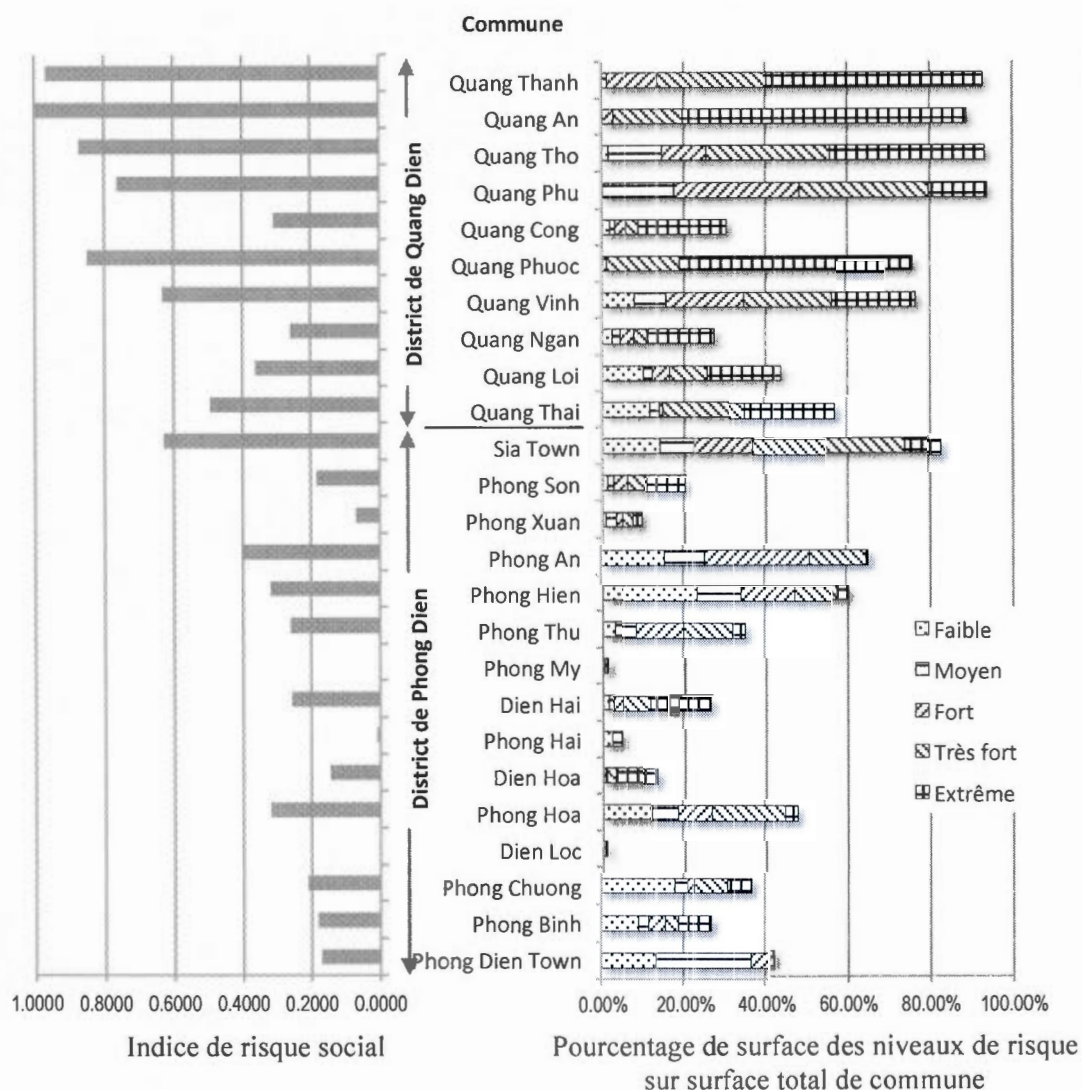


Figure 6.6b Risque social, districts de Quang Dien et Phong Dien

Pour les deux districts situés au Sud et au Sud-Ouest : Huong Thuy et Huong Tra, la classe risques très forts est dominante dans les six communes les plus à risque (indice proche de 0,8). Les autres communes ont moins de surfaces inondées.

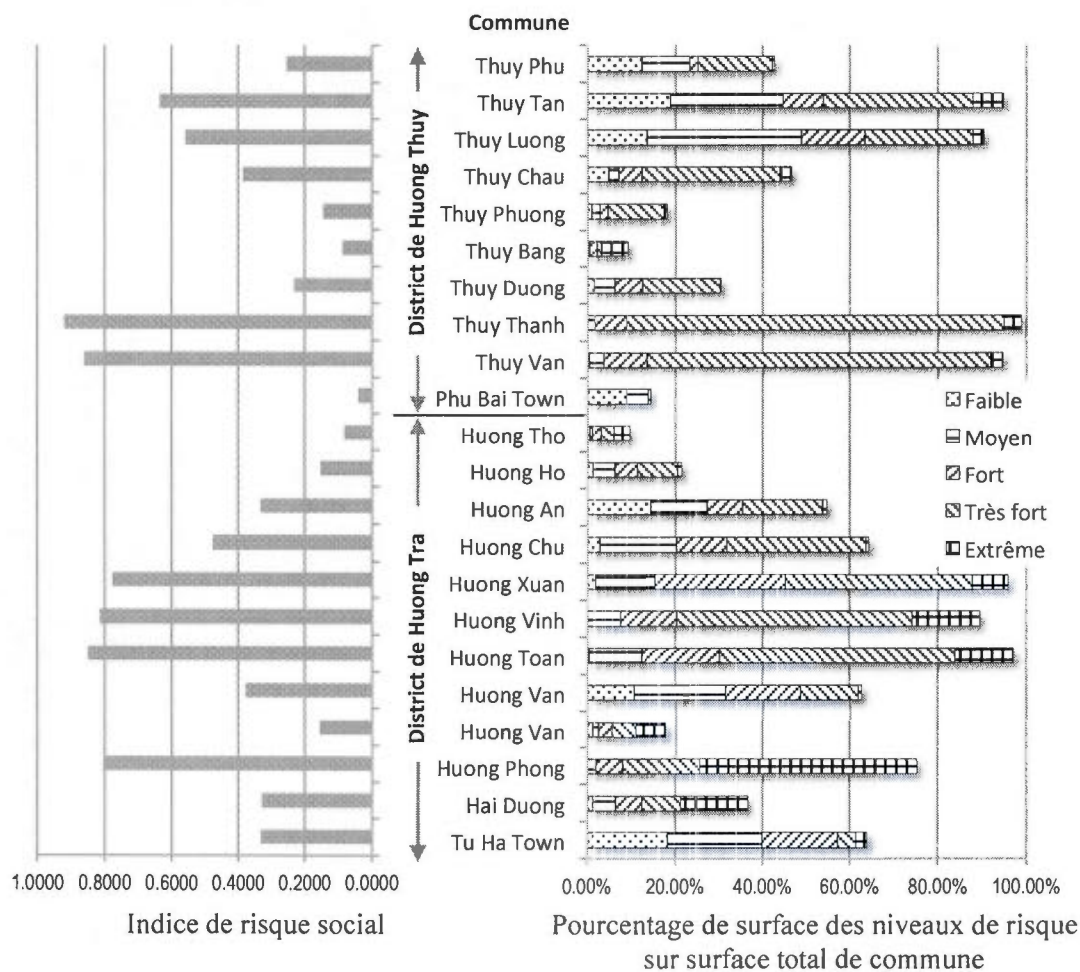


Figure 6.6c Risque social, districts de Huong Thuy et Huong Tra

Pour les deux derniers districts inondés au Sud-Est, seul le district de Phu Vang a un grand problème d'inondation. Dans ce district, le plus haut risque (extrême) et le risque très fort occupent la plus large surface inondée dans les dix communes ayant 80% ou plus de leur surface inondée.

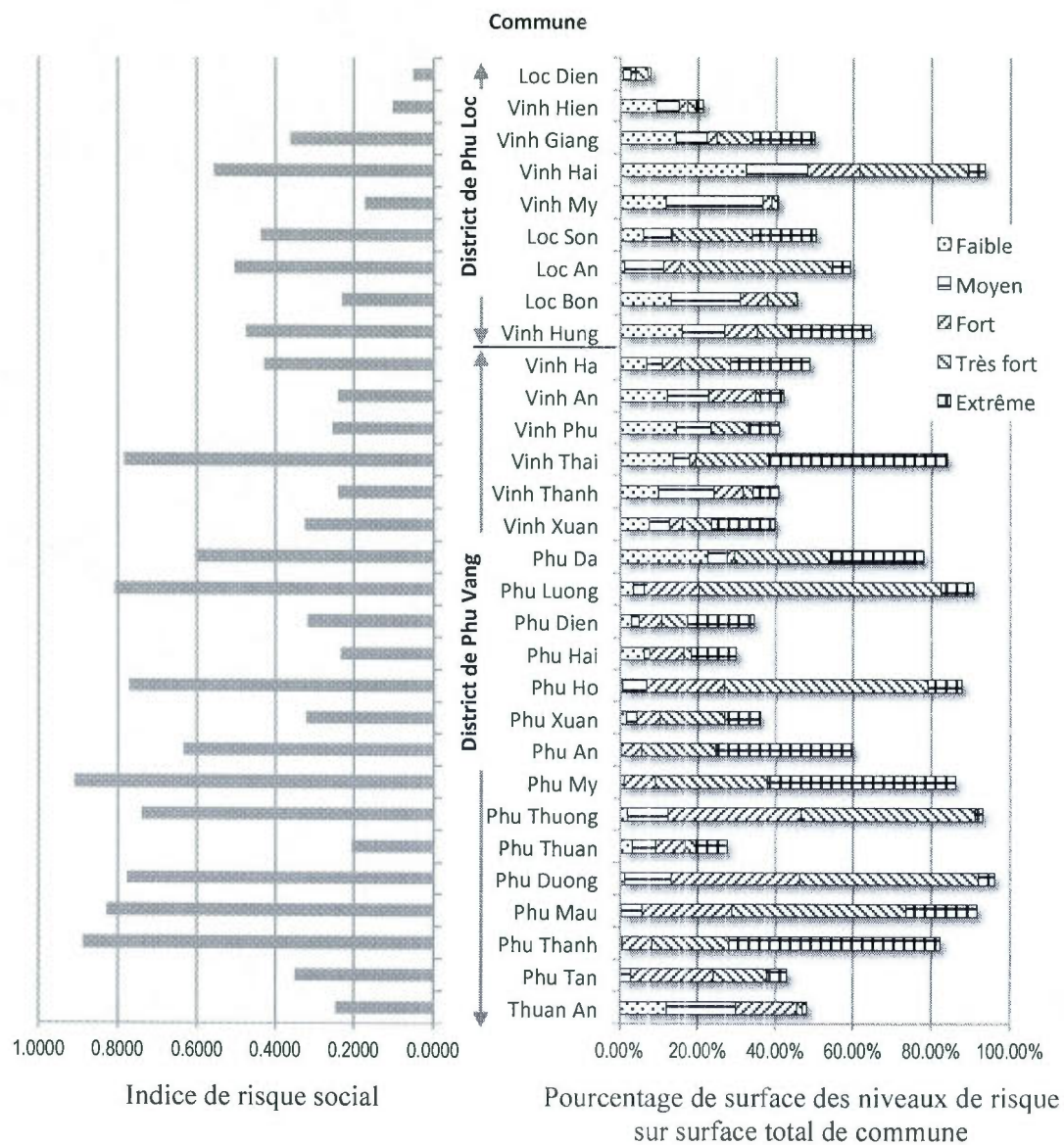
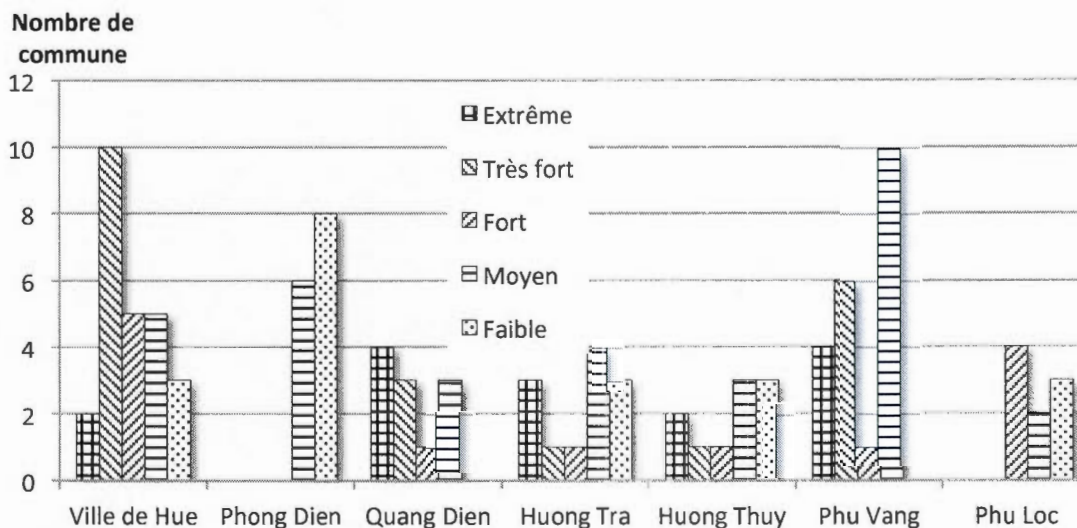


Figure 6.6d Risque social, districts de Phu Vang et Phu Loc

Tableau 6.4 Synthèse des risques sociaux d'inondation par district

No	Nom de district	Communes en situation des risques sociaux					Nombre de communes	
		Extrême	Très fort	Fort	Moyen	Faible	Inondée	Total
1	Ville de Hue	2	10	5	5	3	25	25
2	Phong Dien	0	0	0	6	8	14	15
3	Quang Dien	4	3	1	3	0	11	11
4	Huong Tra	3	1	1	4	3	12	16
5	Huong Thuy	2	1	1	3	3	10	12
6	Phu Vang	4	6	1	10	0	21	21
7	Phu Loc	0	0	4	2	3	9	18

**Figure 6.7 Synthèse des risques sociaux par district**

6.1.6 Analyse combinée du couple aléa-vulnérabilités

Les risques sociaux d'inondation ne sont pas seulement causés par l'aléa d'inondation. On peut noter dans les figure 6.8a et figure 6.8b, une coefficient de détermination moyenne (0.36 et 0.14) entre l'indice des risques et la durée et la profondeur de l'inondation.

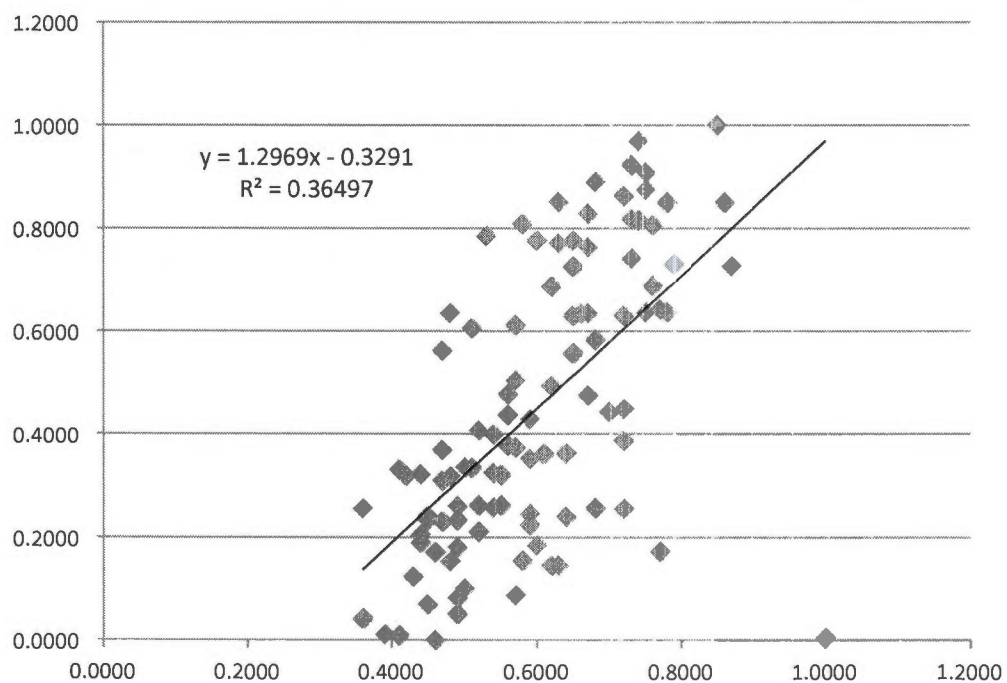


Figure 6.8a Corrélation entre les risques sociaux et la durée d'inondation

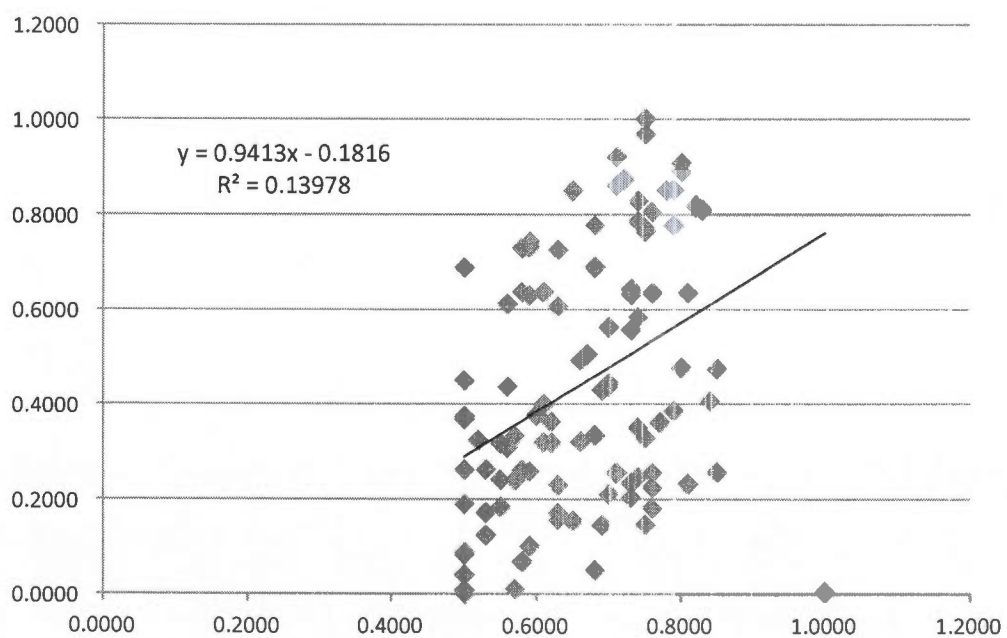


Figure 6.8b Corrélation entre les risques sociaux et la profondeur d'inondation

Théoriquement, les communautés sont plus vulnérables lorsqu'elles ont un haut niveau de risque d'inondation. Cependant, on a constaté une corrélation très faible entre la vulnérabilité et les risques sociaux d'inondation (figure 6.9).

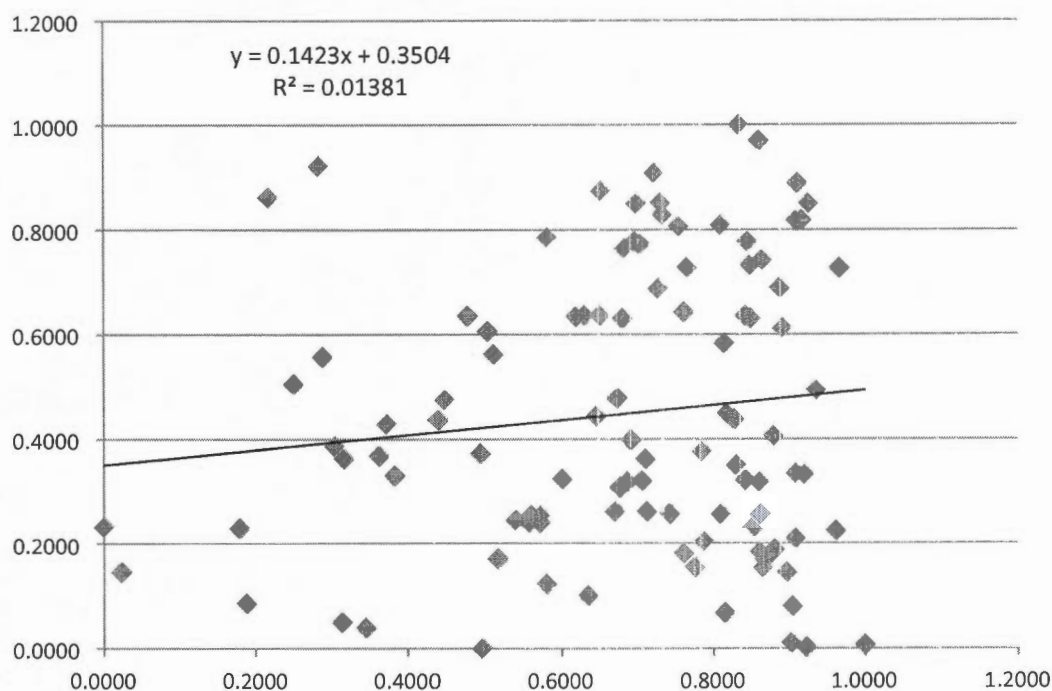


Figure 6.9 Corrélation entre les risques sociaux et la vulnérabilité des communautés

Cela peut être expliqué par le fait que l'inondation ne se produit pas dans toutes les communautés les plus vulnérables. Ceci peut être justifié si l'on observe la corrélation entre la vulnérabilité et la durée et la profondeur de l'inondation. Elles présentent dans les deux cas des valeurs très faibles (figure 6.10a et figure 6.10b).

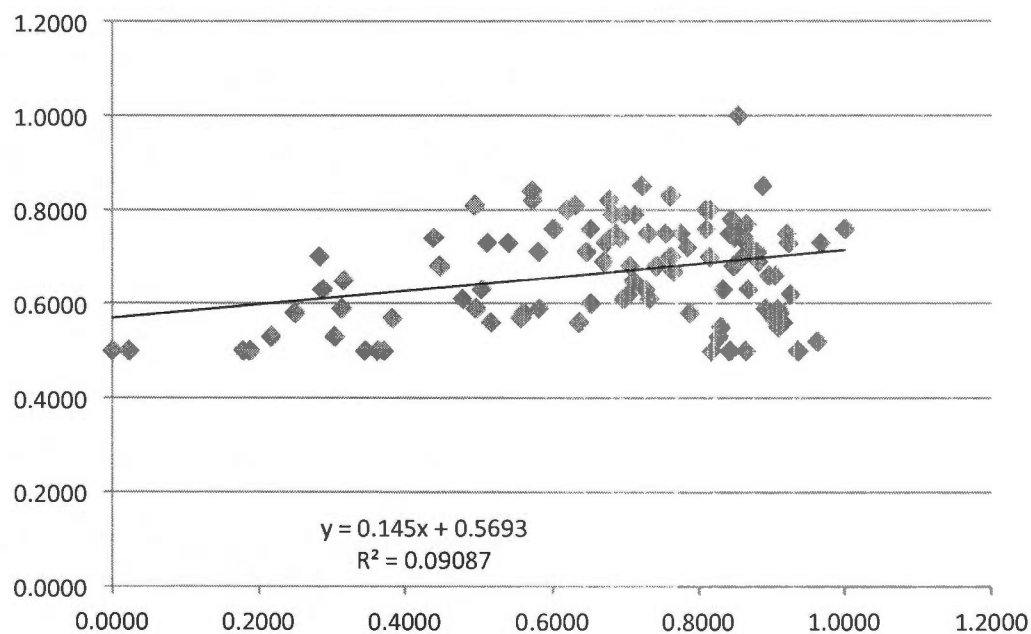


Figure 6.10a Corrélation entre la vulnérabilité et la durée de l'inondation

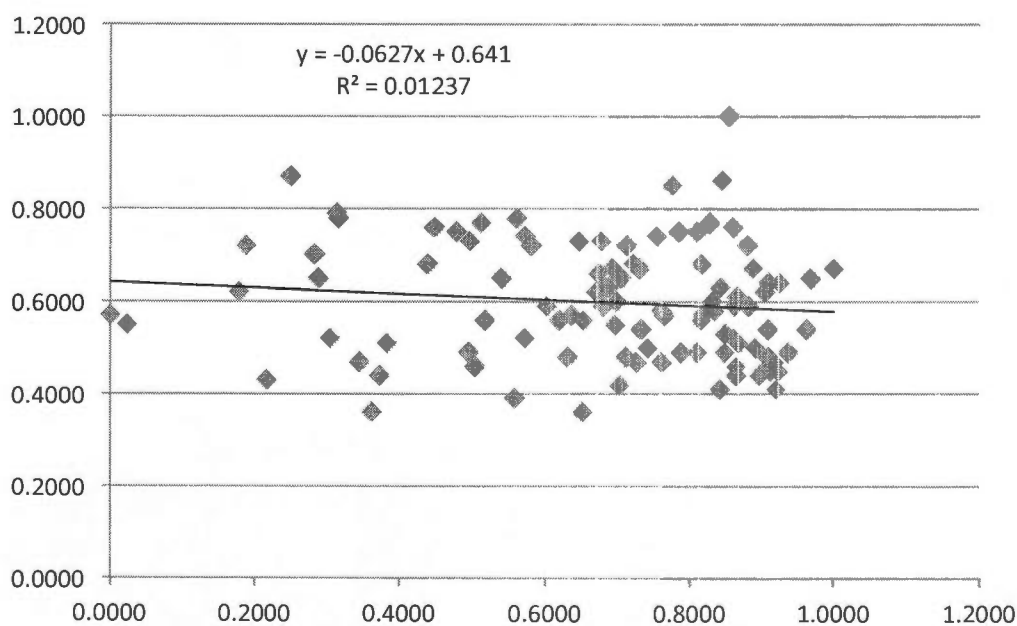


Figure 6.10b Corrélation entre la vulnérabilité et la profondeur de l'inondation

Les risques sociaux d'inondation peuvent être reliés à l'utilisation du sol, laquelle est considérée comme la base de calcul des dommages économiques. La valeur de la corrélation entre les risques sociaux et les dommages potentiels, est considérable ($R^2 = 0.4653$). C'est la plus forte corrélation des risques sociaux avec tous les autres indices, y compris la vulnérabilité et les impacts environnementaux.

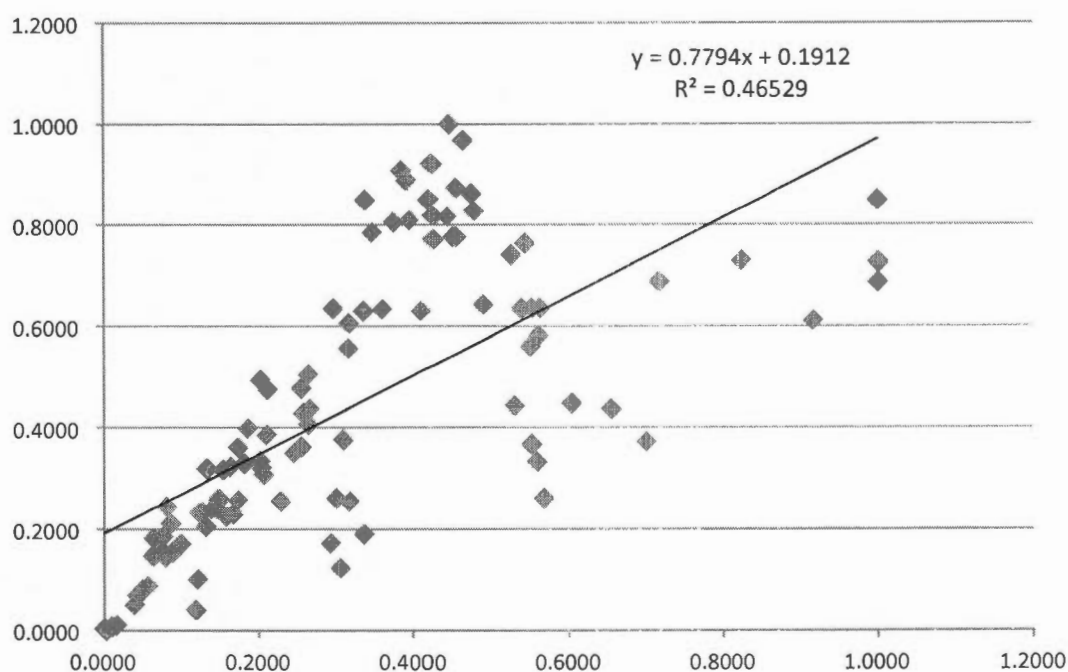


Figure 6.11 Corrélation entre les risques sociaux et les dommages potentiels

Une autre conséquence négative de l'utilisation du sol concerne l'évacuation de l'inondation. L'eau de la rivière Bo est évacuée par deux bras de rivière : le premier est la connexion avec la rivière de Huong et l'autre la lagune. Cependant, les surfaces en aquaculture ont provoqué un barrage qui empêche l'évacuation de l'eau des lagunes. De plus ceci cause la réduction de la fonction de réservoir d'eau que joue habituellement la lagune. C'est pourquoi la profondeur et la durée d'inondation à l'embouchure de la rivière Bo se sont aggravées. On

n'observe pas ce problème dans le cas de la rivière Huong, parce que l'aquaculture ne bloque pas l'évacuation de l'eau vers la mer (figure 6.12a)



Figure 6.12a Problèmes de barrage provoqué à l'embouchure de la rivière Bo

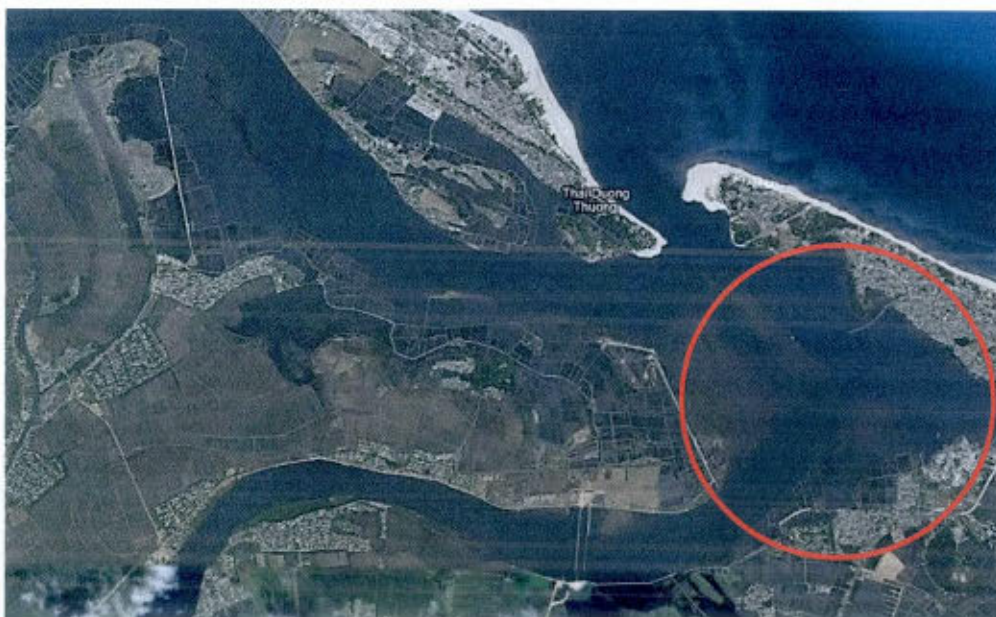


Figure 6.12b Évacuation de l'eau vers la mer par la rivière Huong

Les impacts des inondations sur l'environnement doivent être considérés comme un des facteurs intervenant dans les risques sociaux d'inondation. Cependant, ces impacts ne surviennent pas de la même manière dans toutes les communes, par exemple le phénomène d'érosion et d'éboulement ne s'est produit que dans les communes situées au long des rivières principales et au bord de la mer. Pour ces raisons, on peut voir que la corrélation entre les risques sociaux et ces impacts présente une valeur très faible ($R^2 = 0.0412$), il est non significative si on la considère pour toute la province. Il est donc nécessaire d'indiquer concrètement quelles communes ou quels endroits qui sont subis de ces impacts.

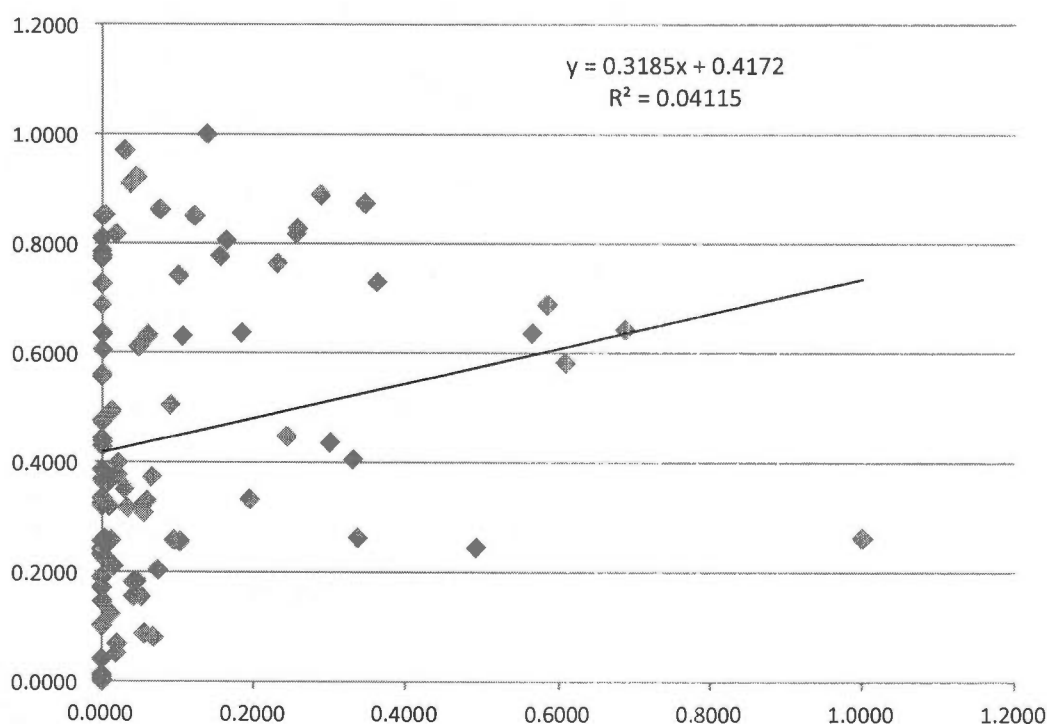


Figure 6.13 Corrélation entre les risques sociaux et les impacts environnementaux

6.2 Problème de la gestion durable des risques d'inondation

6.2.1 Stratégies et politiques nationales de la gestion des inondations

Atténuer et résoudre les conséquences des catastrophes constituent un des objectifs prioritaires de la stratégie de développement durable du Gouvernement vietnamien. Pour

atteindre cet objectif, le Plan d'Action et de Stratégie de Préparation et de Mitigation face aux Catastrophes au Vietnam (*Strategy and Action Plan for Disaster Preparedness and Mitigation in Vietnam*) est particulièrement important. Au mois de mars 2001, le projet PNUD VIE/97/002 a proposé un Projet de Plan d'Action et de Stratégie de Préparation et de Mitigation pour les Catastrophes (PPASPMC) portant sur vingt ans (de 2001 à 2020) au gouvernement du Vietnam. La proposition est basée sur les critères suivants:

- Expériences de lutte contre les catastrophes;
- Situation de catastrophe;
- Situation de développement économique rapide;
- Évaluation des solutions physiques (constructions) pour diminuer les impacts des catastrophes;
- Évaluation de la structure, de l'institution, des politiques, des lois et règles concernant la préparation de mitigation des catastrophes.

Le plan d'action et de stratégie est divisé en deux périodes de dix ans (de 2001 à 2010 et de 2011 à 2020 avec des objectifs et méthodologies spécifiques. (VIE/97/002 2001). Néanmoins, depuis les dix dernières années (de 1998 à ce jour) les changements climatiques globaux provoquent des catastrophes de plus en plus fréquentes. De plus, le développement rapide du Vietnam, mené sans tenir compte des impacts sur l'environnement a favorisé plusieurs types d'exploitation des bassins versants, qui ont fortement fait diminuer la capacité régulatrice des cours d'eau (CCFSC 2006). C'est pourquoi le plus récent plan, signé par le vice premier ministre Hoang Trung Hai le 29 septembre 2009 et basé sur la proposition du CCFSC du 14 septembre 2009, contribue à améliorer des stratégies et actions de lutter contre les catastrophes naturelles pour les dix années à venir (de 2009 à 2020) (Hoang 2009).

Dans ce plan, les mesures non-physiques ont été mises de l'avant comme la solution principale pour diminuer les impacts des catastrophes.

« Les mesures non-physiques sont considérées comme des éléments importants pour le succès de la stratégie. » (CCFSC 2009)

Cela se reflète dans les huit groupes d'ouvrage suivants

Ouvrage	Objectifs
1	<p>Compléter les réglementations officielles, institutionnelles et stratégiques.</p> <p>1.1. Création, édition, amélioration des réglementations de préparation, de lutte contre et de mitigation des catastrophes</p> <p>1.2. Établissement des fonds catastrophiques</p> <p>1.3. Création d'assurances contre les risques catastrophiques</p>
2	Renforcement du système de gestion
3	Renforcement de la capacité pour la prévention des catastrophes
4	<p>Programme de renforcement des capacités pour la connaissance des communautés</p> <p>4.1. Propagation des risques catastrophiques pour les communautés</p> <p>4.2. Gestion des risques catastrophiques en coopération avec les communautés</p>
5	Programme de plantation et protection des forêts
6	<p>Programme de renforcement de gestion des risques et application des sciences et technologies</p> <p>6.1. Renforcement des capacités de gestion des autorités nationales et locales</p> <p>6.2. Renforcement des capacités de recherches et de sauvetage des victimes</p> <p>6.3. Édition des normes des constructions correspondant aux catastrophes de chaque région spécifique</p> <p>6.5. Utilisation de nouveaux matériaux pour la construction</p> <p>6.6. Finalisation des systèmes de communication</p> <p>6.7. Renforcement des capacité de préparation face aux catastrophes, particulièrement pour la sécurité des personnes face à la vulnérabilité</p> <p>6.8. Organisation des volontaires pour la préparation et la mitigation des catastrophes</p>

Ouvrage	Objectifs
7	Établissement et édition de la planification 7.1. Cartographie des risques de catastrophes 7.2. Édition de planification des inondations pour le bassin du fleuve Cuu Long 7.3. Édition de planification des inondations pour les bassins du centre du Vietnam 7.4. Édition de planification des inondations pour les bassins du Sud-est du Vietnam 7.5. Édition de planification du système de digues 7.6. Édition de planification d'immigration et réinstallation pour la population dans les zones catastrophiques 7.7. Édition de planification de l'utilisation des sols compatible avec la préparation et la mitigation des catastrophes 7.8. Programme de gestion et développement durable des forêts 7.9. Édition de planification de la gestion des ressources en eau 7.10. Édition de planification de développement d'irrigation adaptée aux changements climatiques globaux 7.11. Édition de planification de construction dans les zones exposées aux catastrophes
8	Programme de coopération internationale

Le PPASPMC constitue un effort important et il devient un document de référence si nous considérons l'importance de l'information sur les situations catastrophiques, sur la sphère socio-économique, environnementale et sur la nécessité d'élaboration d'un plan d'action stratégique de préparation et de mitigation des catastrophes. En effet dans le cas du PPASPMC, l'atteinte des objectifs de réduction des impacts des catastrophes nécessite une approche de développement durable qui devra être relié aux plan de développement économique et de protection environnementale, du fait de l'existence de contraintes d'ordre institutionnel et règlementaires, et surtout de la nécessité de la participation du public. La méthodologique d'évaluation environnementale stratégique (ÉES) doit être appliquée pour les décisions gouvernementales, lesquelles sont surtout influencées par les directives

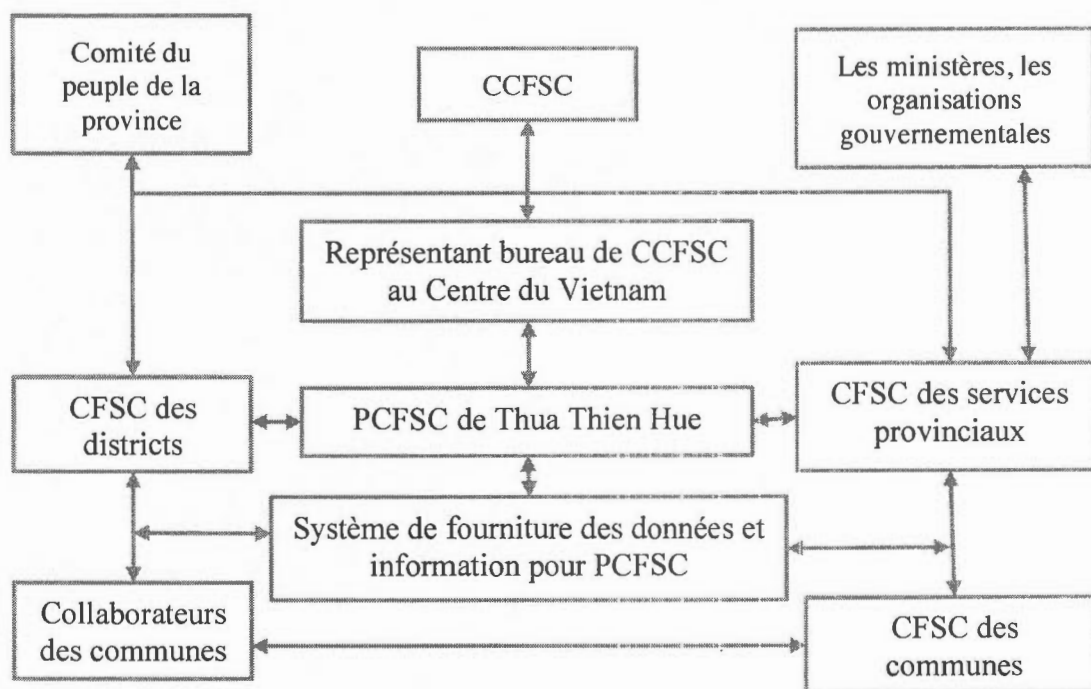
gouvernementales et régionales, voire politiques, et sur la disponibilité de ressources notamment financières sans oublier les contraintes liées à l'échéance. Le PPASPMC n'est pas exhaustif et contribue peu à déterminer les éléments adéquats pour la prise de décision. Également il manque quelques étapes dans les grandes lignes du processus général d'ÉES, telles que les alternatives et leur comparaison, un programme de surveillance et de suivi, très important pour la réduction des impacts des catastrophes lequel demande un processus d'amélioration continue. Le plan devra être référencé sur le plan du développement stratégique socio-économique au Vietnam au niveau de l'année 2010, avec une orientation vers 2020. Dans le plan, on ne voit pas de relation entre la réduction des impacts des catastrophes et le développement durable.

« Sustainability assessment is being increasingly viewed as an important tool to aid in the shift towards sustainability. However, this is a new and evolving concept and there remain very few examples of effective sustainability assessment processes implemented anywhere in the world » (Popea 2004)

6.3.2 Organisation et actions de la gestion d'inondation dans la province

Au niveau de l'administration provinciale, le Comité Provincial de Contrôle des Inondations et des Typhons (PCFSC) est le bureau officiel qui prend toutes les décisions concernant la gestion d'inondation, sous l'égide du CCFSC dans le centre du Vietnam, en coopération avec le comité populaire et le CFSC des autres services de la province. Les responsabilités et les rôles des différents paliers administratifs sont bien définis par l'arrêté gouvernemental No 168/HDBT), et prescrits par les quatre énoncés suivants :

- Etablir et diriger la réalisation des projets et des plans de prévention des inondations et des typhons et s'occuper de la recherche et du sauvagement des victimes ;
- Protéger les digues, les réservoirs et les centres économiques ;
- Prévenir les inondations et les typhons, protéger les populations locales ;
- Mitigation des conséquences des inondations et typhons.



CCFSC : Comité central de contrôle des inondations et des typhons

PCFSC : Comité provincial de contrôle des inondations et des typhons

CFSC : Comité de contrôle des inondations et des typhons

Figure 6.14 Organigramme du PCFSC de Thua Thien Hue

Une fois les responsabilités et les rôles fixés, les actions principales du PCFSC sont les suivantes :

1. Élaborer et mettre en œuvre la prévention des inondations et en tirer annuellement les enseignements sous forme de synthèses ;
2. Organiser les manœuvres de prévention des inondations (aux niveaux provincial et local) ;
3. Organiser les réserves de nourriture, des produits de première nécessité, gérer les secours, les moyens de sauvetage ; vérifier les plans des actions en place et la sécurité des moyens navigables ;
4. Organiser les secours, les sauvetages, les signaux d'alerte, donner l'alerte en cas d'inondation ou de tempête ;

5. Coordonner et mettre en œuvre des projets d'atténuation des inondations ;
6. Élaborer des projets d'étude et d'analyse des changements climatiques ;
7. Élaborer des projets de prévention des inondations pour les maisons les plus fragiles ;
8. Élaborer des projets d'information pour les pêcheurs dans les lagunes ;
9. Élaborer des projets d'amélioration de la prévention des inondations ;
 - Améliorer les connaissances sur la prévention et l'atténuation des inondations pour les élèves du primaire (la Croix-Rouge) ;
 - Améliorer les connaissances sur la prévention et e l'atténuation des inondations pour les districts montagneux ;
 - Construire des bases de données sur la prévention des inondations. Cartographier les risques d'inondations ;
 - Accroître les connaissances publiques sur la prévention des inondations ;
 - Faire des enquêtes sur les inondations rapides et les glissements de terrain
10. Réparer les digues, s'occuper de la réinstallation, mise en place de mesures anti-glissement de terrain et gestion des zones côtières ;
11. Élaborer les plantations de forêts de protection.

Dans la gestion d'inondation du PCFSC de la province de Thua-Thien-Hue, encore une fois à l'échelle provinciale, même s'il y a de relation entre le PCFSC et les autres services dans les petits bureaux du CFSC, on ne voit pas de coopération pour le partage des données et des informations concernant les risques d'inondation entre les bureaux concernés. L'absence d'action d'évaluation des risques d'inondation, peut être expliqué par le manque de plan de gestion durable d'inondation au niveau provincial.

6.2.3 Plan global de développement économique et social

Le plan a été approuvé par le Premier Ministre du Viet Nam le 17 juin 2009. Il est basé sur :

- La loi sur l'organisation du gouvernement du 25 Décembre, 2001 ;
- Le décret gouvernemental n ° 92/2006/ND-CP du 7 Septembre 2006 sur la formulation, l'approbation et la gestion de la planification globale du développement économique et

social et le décret n° 04/2008/ND-CP du 11 mai 2008 par les modifiants et complétant certains articles du décret n° 92/2006/ND-CP du 7 Septembre 2006 ;

- La proposition de la Commission, du Président de la province de Thua Thien Hue et du ministre de la Planification et de l'investissement.

Dans ce plan, les perspectives, les objectifs, les orientations de développement soulignent les importances du développement durable pour les quatre domaines suivants : services ; industries ; agriculture, foresterie et aquaculture ; cultures et socio. On ne peut pas nier que le plan global de développement économique et social a permis de réduire indirectement les impacts d'inondation. Cependant, même si l'inondation est une catastrophe prédominante, qui influence le développement économique et social de la province, ce plan n'insiste guère sur ce phénomène. Le mot "lu lut" (inondation) apparaît seulement une fois dans la section d'irrigation. Cette lacune peut-être la raison principale expliquant l'inexistence d'un plan de gestion d'inondation pour la province jusqu'à ce jour.

6.3 Gestion durable des risques d'inondation

Nous avons mentionné dans le chapitre I, les problèmes de gestion d'inondation et l'approche de la gestion durable d'inondation. Les objectifs du plan n'ont pas été définis convenablement parce qu'ils n'abordent pas un problème particulièrement épineux dans les pays en voie de développement, à savoir la relation entre des activités humaines inconséquentes sur l'environnement et l'augmentation des impacts négatifs des catastrophes. Le développement économique basé sur l'exploitation intensive des ressources des bassins versants se fait sans tenir compte de la préservation environnementale dans ces pays, et ce même si le recours au bassin versant comme unité spatiale de gestion territoriale est normalement un principe du développement durable.

« La plupart des activités humaines modifient plus ou moins profondément le fonctionnement des écosystèmes ou l'état de certains éléments de l'environnement, dont bien entendu les êtres humains » (Gaétan A. Leduc 2000)

La protection de l'environnement devrait donc être intimement liée aux plans de réduction des impacts des catastrophes.

« La protection de l'environnement est une tâche nécessaire à faire pendant n'importe période, étape de développement du pays. Le problème de la protection de l'environnement est posé de manière plus urgente par la période de développement du marché au Vietnam » (Ngung 2004)

L'évaluation des impacts sur l'environnement pour tous les projets ou programmes est indispensable pour réduire efficacement les négatifs impacts des catastrophes. De plus, rappelons que la réduction des impacts des catastrophes est une tâche qui demande une approche interdisciplinaire scientifique, interministérielle au niveau de la gestion gouvernementale et ainsi qu'une dimension participation publique. Elle est nécessaire pour la négociation et la concertation afin de mesurer le degré d'emprise du public sur la décision. Une planification efficace passe par la mise en place de relations de collaboration à travers le bassin. Ceci exige des arrangements, de la confiance et une vision partagée et élargie. En outre, on constate bien souvent qu'une planification réussie doit être inclusive et prendre en compte les besoins et les aspirations de tous les participants. La participation publique est principalement définie comme un *« processus par lequel « les principaux participants » influence de gain et participent à la prise de décision dans la planification, l'exécution, la surveillance et l'évaluation »* (MRC 2005)

« La participation du public, ou la consultation publique a beaucoup évolué au cours des dernières décennies ... Retenons qu'il est important de bien définir ce que l'on entend par participation du public et qu'une bonne façon de le faire est de mesurer le degré d'emprise sur la décision que l'on souhaite laisser au public que l'on « consulte » » (Bouchard 2002)

Selon Hooijer (2004) et Werritty (2006), la gestion durable des inondations peut être définie comme suit (Hooijer, Klijn et al. 2004; Werritty 2006) :

« Une gestion durable des risques d'inondation fournit le maximum possible de résilience^{6} sociale et économique pour lutter-contre les inondations, par la protection et le travail avec l'environnement, d'une manière qui soit équitable et abordable à la fois actuellement et dans l'avenir »*

L'objectif général de la gestion durable des risques d'inondation peut être vu comme une façon de répondre aux besoins de résilience contre les inondations. Pour répondre à cet objectif global, les besoins suivants doivent être satisfaits:

- Dans le domaine social : renforcer les avantages pour la collectivité, avec des résultats équitables pour tout le monde
- Dans le domaine environnemental : protéger et travailler avec l'environnement, dans le respect de toutes les espèces, des habitats, des paysages et patrimoine bâti
- Dans le domaine économique : fournir cette résistance à un coût abordable (dépendre de l'utilisation du sol), incluant la protection des emplois locaux et la réduction de la pauvreté

Pour la gestion durable des risques d'inondation, le plan de stratégie et d'action de prévention et de mitigation des risques d'inondation devra être intégré avec le plan de développement économique et ainsi qu'avec le plan de protection environnementale. La réconciliation du développement économique et de la protection environnementale dans le but de réduire les risques d'inondation n'est pas facile parce que la vulnérabilité des communautés dépend fortement de la pauvreté, laquelle entraîne généralement l'exploration excessive des ressources.

⁶ Résilience: la capacité à récupérer rapidement et facilement

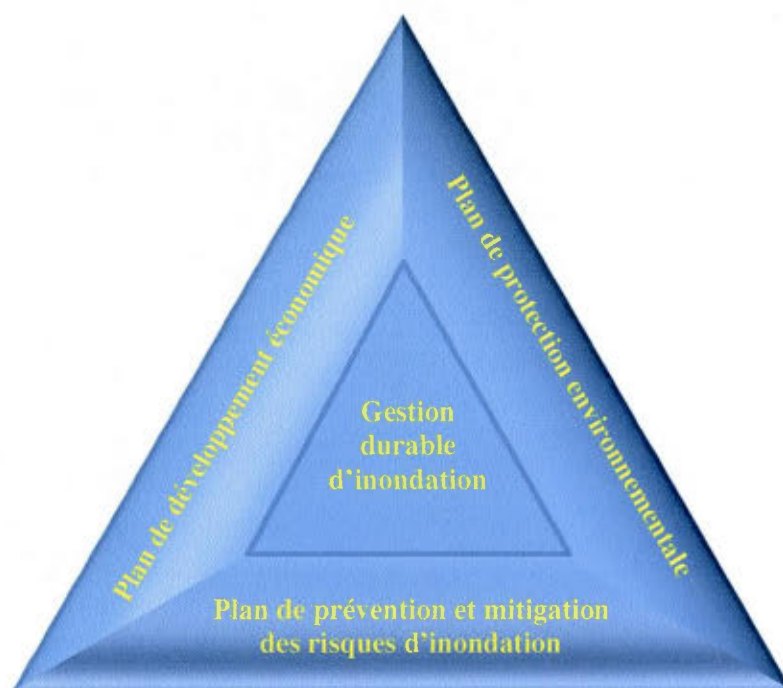


Figure 6.15 Triangle de la gestion durable des risques d'inondation

La question de la gestion durable de l'inondation requête l'évaluation de la durabilité demandant des données et des informations concernant les influences des inondations sur la sphère socio-économique et l'environnement.

6.4 Nécessité d'une évaluation environnementale stratégique (ÉES)

La notion de «l'évaluation de la durabilité» implique que la durabilité est un état de société, ou peut-être d'une façon plus réaliste une série d'états de la société, avec des caractéristiques particulières ou des conditions, définies par des critères de durabilité. L'évaluation de la durabilité pourrait être appliquée dans toute une gamme de circonstances différentes, bien qu'il n'existe pas d'applications du monde réel qui peuvent actuellement être souligné. Elle pourrait être réalisée dans un sens réactif comme une alternative à l'ÉIE ou ÉES conventionnel (Pope, Annandale et al. 2004). Dans la littérature, l'évaluation de la durabilité est généralement considérée comme un outil dans la «famille» des processus d'évaluation d'impact, étroitement liée à l'EIE appliquée aux projets et aux ÉES en matière de politiques, plans et programmes (PPP) (Devuyst 2001). Pour prendre des décisions claires visant à

appuyer le développement durable, les décideurs à tous les niveaux doivent être en mesure d'intégrer les considérations économiques, sociales et environnementales. L'évaluation environnementale des projets de politiques, de plans et de programmes, appelée également l'évaluation environnementale stratégique, vise à intégrer les facteurs environnementaux à l'élaboration des politiques publiques. L'évaluation environnementale stratégique favorise le traitement précoce des considérations environnementales à l'étape appropriée de la planification, tout comme les facteurs sociaux et économiques (ACÉE 1999). En vertu de directive canadienne sur l'évaluation environnementale des projets de politiques, de plans et de programmes, tous les ministères et organismes doivent évaluer les effets environnementaux de leurs propositions de politiques, de plans et de programmes. L'évaluation environnementale stratégique est un processus d'auto-évaluation. Il incombe donc au ministère ou à l'organisme qui élabore la proposition de déterminer si une évaluation détaillée s'avère nécessaire (BVGC 2008). L'identification des actions et des alternatives avec les groupes d'acteur est la dernière étape pour améliorer ou mise en œuvre de la politique, du plan ou du programme afin de chercher les mesures de mitigation sur l'aléa, les réduction de la vulnérabilité, augmentation de la résilience des communautés, etc. Elle demande l'évaluation des effets importants sur l'environnement. Le premier objectif de l'ÉES vise plus précisément à régler les problèmes environnementaux à la source en intégrant les critères environnementaux et socio-économiques avec les objectifs du développement durable directement dans le processus de planification des PPP (Gauthier, Simard et al. 2000). Donc, dans le cas de la gestion durable des risques d'inondation, l'identification des problèmes des risques d'inondation est une étape importante qui fournira les informations pour les autres étapes dans le processus d'ÉES.

CONCLUSION

L'étude sur les risques d'inondation est le résultat d'une procédure d'intégration de données multi-participants et multidisciplinaires. Elle nous démontre la relation étroite entre la géographie physique et la géographie humaine. La géographie physique ou géographie des milieux est la branche de la géographie qui décrit le mieux les phénomènes catastrophiques sans nécessairement faire directement appel aux activités humaines. L'étude de ces phénomènes implique néanmoins les connaissances du milieu humain à l'intérieur d'un cadre spatiotemporel commun. La géographie humaine se consacre de son côté à l'étude des activités humaines dans un cadre territorial. Ses domaines de spécialisation sont très variés et font appel aussi bien à l'étude de la population, la sociologie, l'économie, l'histoire qu'au droit ou encore à la politique. Rappelons que notre objectif général était d'abord de « *développer une approche d'évaluation des risques d'inondation via l'intégration des caractéristiques de l'aléa d'inondation et de vulnérabilité. De plus, cette recherche visait à combiner trois types de vulnérabilité : celui de la communauté à l'inondation, qui est basé sur l'évaluation des caractéristiques socio-économiques des communes inondées, celui des dommages prévus qui est basé sur les types d'occupation du sol et celui des impacts potentiels des inondations sur l'environnement* » (voir chapitre I, p. 15)

Plus spécifiquement, il s'agissait d'évaluer l'impact de l'aléa d'inondation sur les activités humaines, les principales ressources naturelles (ou utilisation du sol), et sur l'environnement; afin d'atteindre nos principaux objectifs, à savoir 1) étudier des modèles d'évaluation des risques d'inondation dans le but de les améliorer et de proposer une méthode de synthèse mettant en relief les zones à risques. Cette étape a été développée en intégrant les caractéristiques de l'aléa d'inondation et la vulnérabilité, soutenue par la collecte de données menée auprès des communautés locales, par celle de données statistiques, géographiques et satellitaires, de même que par l'utilisation d'un SIG. Il s'agissait aussi 2) d'évaluer la sensibilité de la communauté à l'inondation via l'évaluation des impacts d'inondation sur l'environnement et l'aspect socio-économique. Cela s'est fait par une analyse des conditions

socio-économiques et des caractéristiques physiques de l'aléa d'inondation servant à évaluer le degré de vulnérabilité face à l'inondation via la combinaison de tous les facteurs. 3) Enfin, dans la perspective d'une gestion durable des zones inondables, le troisième objectif spécifique était d'analyser la documentation portant sur les stratégies de réduction des dommages d'inondation et le développement socio-économique pour mettre en lumière le rôle de l'évaluation des risques afin d'aider à la prise de décision par les autorités.

En se basant sur les fréquences séculaires, l'inondation historique de 1999 a permis de dresser un portrait de la situation qui correspondait vraisemblablement au maximum possible pour le bassin versant de Thua-Thien-Hue. Les discussions menées avec les groupes issus des communautés durant la formation PRA nous ont fourni un aperçu de leurs points de vue, leurs connaissances ainsi que des informations fondamentales sur les risques d'inondation au centre du Vietnam, le tout en vue de développer un modèle d'évaluation de risques d'inondation pour la région. Ces informations se sont révélées très importantes pour l'élaboration des pondérations dans l'analyse multicritère en vue de modéliser les risques d'inondation. Elles ont été utilisées afin de modéliser des facteurs ou de trouver une solution d'identification par les indicateurs adéquats. L'interprétation des images optiques a aidé à améliorer la précision des données collectées sur le terrain telles que la carte de l'occupation des sols et la carte administrative. L'image radar a aidé à préciser les limites des zones inondables et la durée de l'inondation historique de 1999. Le système d'information géographique (SIG) comporte des méthodes et techniques quantitatives, et il est largement utilisé pour intégrer et combiner des données numériques dans l'élaboration de modèles d'évaluation des risques naturels.

En combinant certaines caractéristiques de l'aléa d'inondation comme sa profondeur et sa durée, on peut remarquer que les deux districts de Quang Dien et Phu Vang sont ceux qui subissent le plus durement l'aléa d'inondation. Au second rang vient la ville de Hue (qui a été totalement submergée pendant l'inondation historique de 1999) avec des valeurs d'indice au moins égales au niveau moyen, et surtout au nord-ouest, où les indices ont atteint le niveau critique. Dans les autres districts situés dans les zones montagneuses, l'inondation n'est pas un problème.

La combinaison de 6 facteurs sociaux que sont la pauvreté, l'âge, l'éducation, la densité de population, la densité de transport, la structure du travail et le genre permet de constater que la vulnérabilité socio est beaucoup plus faible dans la ville de Hue et qu'elle est très forte dans les communes côtières situées autour de la lagune au sud-est de la province. Cela est dû au fait que dans la ville de Thua-Thien-Hue, le nombre de communes à haut niveau de vulnérabilité est plus faible qu'ailleurs et que le niveau d'éducation et de pauvreté y est aussi plus faible, tandis que l'accès aux services publics est plus facile grâce au développement des réseaux de transport dans cette ville. Cependant, en tenant compte de l'occupation du sol, l'estimation des coûts des dommages montre que la concentration dans la ville de Hue de zones résidentielles et d'autres zones, telles que les terres historiques et les usines fait qu'on y retrouve un grand nombre de communes à haut niveau de dommages. Les impacts environnementaux y sont aussi plus forts à cause des impacts des éboulements, plus fréquents dans cette ville. Dans le district de Phu Vang, seule la commune de Thuan An a une valeur d'indice moyenne à cause de l'occupation de 15% de sa superficie par les impacts de l'érosion littorale.

Avec le résultat d'intégration entre l'aléa d'inondation, les vulnérabilités, les dommages et les impacts environnementaux, on peut d'abord constater que la classe de risque extrêmement fort est particulièrement présent dans les zones marginales autour des lagunes et de l'embouchure des rivières Bo et Huong; on l'observe également dans les zones transitionnelles du bassin de la rivière Bo et dans la zone amont du bassin de la rivière Huong. Les zones à plus faible risque sont présentes dans la ville de Hue. Les zones à risque moyen se trouvent dans le Sud-Est de la rivière Huong et entre les rivières Huong et Bo. La variété des risques d'inondation en fonction de vulnérabilité des communautés et les impacts environnementaux sont très diversifiées pour toute la province. L'inondation ne se produit pas dans toutes les communautés les plus vulnérables et les impacts d'inondation sur l'environnement ont été particulièrement forts dans un petit nombre de zones spécifiques, telles que celles situées au long de la rivière et dans la zone littorale. La plus forte valeur de corrélation ($R^2 = 0,68$) est enregistrée dans la relation entre ces risques et les dommages potentiels. Cela peut être expliqué par le fait que les risques sociaux d'inondation peuvent être reliés étroitement à l'utilisation du sol.

La gestion durable des risques d'inondation nous amène à tourner notre regard vers l'avenir. L'évaluation des risques d'inondation est une étape nécessaire dans le plan provincial de stratégie et des actions pour la réduction des impacts d'inondation et ainsi que pour le développement économique. Ce dernier, au même titre que la réduction de la pauvreté, est un facteur important de renforcement de la résilience des communautés face aux inondations, mais dans certains cas, comme dans les zones côtières du Vietnam, il implique une intense exploitation des ressources naturelles, notamment l'augmentation des superficies en aquaculture au long des rivières et sur les lagunes, ce qui réduit la capacité d'évacuation des eaux durant la saison des pluies. La conciliation entre bénéfices économiques et réduction des risques d'inondation pose donc un profond dilemme dans une optique de gestion durable. La présente thèse n'a certes pas pu proposer de solution à ce dilemme. Elle a toutefois aidé à cerner un certain nombre de questions de recherche qui doivent trouver réponse :

- Quelles seraient les conséquences des changements d'occupation du sol sur les problèmes d'inondation ?
- Quel est l'impact de la déforestation dans la province de Thua-Thien-Hue sur les problèmes d'inondation dans cette même province? La forêt joue en effet un rôle important de mitigation par rapport aux risques liés aux variations des débits lors des inondations.
- Même si l'inondation rapide n'est pas un problème majeur dans cette province, devra-t-on compter avec le facteur de débit d'inondation pour évaluer les dommages potentiels en matière d'économie et de mortalité ?
- Il faut que les décisions des autorités soient basées sur les problèmes identifiés lors de l'évaluation des risques d'inondation. Néanmoins, quelles sont les solutions proposées qui permettront de réduire les risques d'inondation dans l'idée d'une gestion durable de l'inondation ?

Il est certain que la thèse n'a pu aborder toutes ces facettes et toutes ces dimensions. De même, quoique ses objectifs aient en grande partie été atteints, elle comporte encore certaines lacunes. Il a par exemple été impossible d'identifier et de mesurer la totalité des facteurs liés à la vulnérabilité des communautés, aux impacts des inondations sur l'environnement, ainsi qu'aux caractéristiques de l'aléa d'inondation. La précision des résultats d'interpolation de la

profondeur et d'interprétation de la durée d'inondation est encore limite à cause notamment du manque de sites d'enquête dans les zones marginales de la province et l'incertitude de la méthode proximité de mesure. L'amélioration de la qualité de résultats demanderait une mise à jour les données concernant la hauteur et la durée d'inondation. Malgré ces difficultés d'ordre pratique, la présente thèse apporte selon nous une importante contribution aux connaissances méthodologiques et appliquées sur le type de catastrophe qui domine dans le centre du Vietnam : l'inondation, ainsi que ses impacts sur les environnements sociaux et physiques.

APPENDICE A

LES SYNTHÈSES DE L'ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATION PAR COMMUNE

Tableau A.1a Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, ville de Hue

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Huong So			1.29	0.01	16.97	20.90	3.62	2.49	38.99	14.89	0.8785	Extrême
Thuan Hoa					32.02	61.73	4.29		1.76		0.6655	Très fort
Tay Loc					43.06	49.49	4.86	0.43	1.96		0.6549	Très fort
Huong Long	0.76		10.41	1.07	32.11	25.61	8.25	1.28	9.00	5.71	0.6423	Très fort
Kim Long			1.40	0.50	25.53	35.66	13.88	0.47	6.68	2.44	0.6152	Très fort
Xuan Phu	0.13	0.12	10.20	17.40	32.71	18.29	2.31	8.10	5.85	0.52	0.5911	Fort
Thuan Loc			5.70		81.09	7.66		5.27	0.02		0.5891	Fort
Thuan Thanh	0.23		13.06		65.01	16.85	4.64				0.5741	Fort
Vi Da			3.39	2.26	32.11	17.50	8.89	7.43	6.35	3.42	0.5738	Fort
Phu Thuan			1.07		29.80	28.81	13.54	5.61	2.31	1.05	0.5717	Fort
Phu Hoa			2.46		9.00	32.10	15.40	3.22	7.45	1.96	0.5358	Fort
Phu Hau			13.96	0.42	40.60	21.25	0.50	2.84	2.77	0.36	0.4935	Fort
Phu Hoi			6.54		45.20	25.30	3.39				0.4845	Fort
Phu Cat			8.99		30.41	29.26	3.22		0.46	2.62	0.4685	Fort
Phu Nhuan	10.76		18.62		60.25	3.66					0.4480	Fort
Phu Binh			54.19		30.91	6.34		0.00			0.4076	Fort
Thuy Bieu	0.45	0.49	0.36	0.29	16.11	17.05	4.99	0.31	1.91	8.10	0.3691	Moyen
Phu Hiep	1.67		74.38	2.24	6.44	2.38		0.08			0.3210	Moyen
Phuoc Vinh	12.51		38.68		21.89	0.50					0.2745	Moyen
Vinh Ninh	21.04		32.20		16.95	4.76	0.69				0.2684	Moyen
Thuy An	2.63	0.18	3.47	1.99	6.73	3.02	0.30	9.63	3.50	0.97	0.2191	Moyen

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Phuong Duc	5.09	0.14	20.06	0.26	7.65	10.54	1.77				0.2039	Moyen
An Cuu	25.50		16.68		5.24	3.67					0.1378	Faible
Truong An	15.86	0.27	14.17		9.85	1.52	0.08				0.1310	Faible
Thuy Xuan	0.58	2.22	0.64	0.45	1.21	0.00		0.18			0.0124	Faible
Nombre de communes à indice extreme: 1												
Nombre de communes à indice très fort : 4												
Nombre de communes à indice fort : 11												
Nombre de communes à indice moyen : 6												
Nombre de communes à indice faible : 3												

Tableau A.1b Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Phong Dien

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Phong An	6.51	0.58	9.46	0.63	8.79	15.18	14.10	1.13	3.50	5.53	0.4227	Fort
Phong Hoa	5.65	1.05	4.86	1.56	5.04	6.03	8.18	2.70	6.20	6.85	0.3352	Moyen
Phong Hien	13.07	0.03	11.37	0.32	9.27	10.89	4.09	1.94	6.18	2.79	0.3292	Moyen
Dien Hai	1.50	0.00	1.54	0.08	1.49	1.45	0.47	2.27	6.79	10.98	0.2442	Moyen
Phong Dien Town	6.71	0.13	4.62	0.41	10.82	10.23	2.88	1.24	2.81	1.73	0.2390	Moyen
Phong Thu	2.69	0.09	2.38	0.11	7.91	9.79	8.41	0.42	1.01	2.48	0.2324	Moyen
Phong Chuong	12.18	0.51	5.52	0.45	4.53	6.30	0.28	0.28	2.71	4.06	0.1815	Faible
Phong Son	1.13	0.12	0.72	0.22	2.34	1.30	5.68	0.25	0.31	8.25	0.1697	Faible
Phong Binh	5.51	2.27	1.31	0.55	1.35	2.54	4.40	3.20	2.05	3.67	0.1683	Faible
Dien Hoa	0.25		0.37	0.16	0.15	0.66		0.47	3.24	8.58	0.1397	Faible
Phong Xuan	0.87	0.02	2.28	0.05	1.45	0.98	1.97	0.04	0.10	1.91	0.0579	Faible
Phong Hai	1.82		0.50		1.05	1.08					0.0112	Faible
Dien Loc										0.95	0.0047	Faible
Phong My	0.32		0.23		0.20	0.57	0.01				0.0000	Faible
Nombre de communes à indice extreme : 0												
Nombre de communes à indice très fort : 0												
Nombre de communes à indice fort : 1												
Nombre de communes à indice moyen : 5												
Nombre de communes à indice faible : 8												

Tableau A.1c Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Quang Dien

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Quang An					0.22	3.40	19.50	0.49	16.96	48.26	0.9228	Extrême
Quang Thanh			0.96	0.24	5.93	15.92	10.11	2.25	22.48	34.85	0.8895	Extrême
Quang Phuoc					0.45	5.38	10.01		5.44	54.44	0.8072	Extrême
Quang Tho	0.10		6.82	1.83	20.42	20.07	4.41	9.08	23.84	6.68	0.7340	Très fort
Quang Phu	0.16	0.06	15.11	3.79	26.30	14.34	0.66	9.84	18.38	5.01	0.6663	Très fort
Sia Town	7.10	0.08	5.57	0.09	6.46	21.12	6.62	1.83	10.09	23.95	0.6634	Très fort
Quang Vinh	5.98	0.28	3.84	0.35	16.30	9.83	5.68	10.26	8.86	15.13	0.5913	Fort
Quang Thai	8.68	0.60	3.38	0.05	6.27	7.65	2.90	0.14	2.04	25.34	0.4489	Fort
Quang Loi	5.52	0.29	5.46	0.18	4.83	5.16	4.94	2.43	7.38	7.55	0.3133	Moyen
Quang Cong	1.50	0.03	1.06	0.08	1.01	4.40	1.25	0.06	6.80	14.17	0.2833	Moyen
Quang Ngan	2.01	0.02	1.45	0.00	1.89	5.27	1.37	0.04	3.88	11.41	0.2342	Moyen
Nombre de communes à indice extrême: 3												
Nombre de communes à indice très fort : 3												
Nombre de communes à indice fort : 2												
Nombre de communes à indice moyen : 3												
Nombre de communes à indice faible : 0												

Tableau A.1d Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Huong Tra

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Huong Toan			4.34	1.49	7.93	21.86	0.44	9.32	43.85	7.94	0.8578	Extrême
Huong Vinh			1.34	6.71	4.23	22.35	0.52	6.64	41.92	5.72	0.7832	Très fort
Huong Xuan			6.56	1.88	27.76	20.54		20.89	17.08	0.90	0.7152	Très fort
Huong Phong			0.10		3.63	16.99	2.00	8.06	35.72	8.65	0.7010	Très fort
Huong Chu	0.48	0.04	8.68	0.19	11.46	11.09	0.27	12.66	19.43		0.4939	Fort
Huong Van	6.00	0.05	11.57	0.70	15.05	10.07	11.31	3.26	1.88	2.82	0.3779	Moyen
Huong An	5.00	1.09	12.93	1.66	9.03	9.45	0.03	2.54	13.05		0.3345	Moyen
Tu Ha Town	13.97	0.08	14.78	0.85	16.49	4.41	3.68	6.56	3.05		0.3158	Moyen
Hai Duong	0.64	0.13	1.00	1.54	7.50	8.83		4.36	11.13	1.33	0.2837	Moyen
Huong Ho	0.76	0.31	2.47	0.72	3.38	5.19	2.57	1.09	1.09	3.85	0.1505	Faible
Huong Van	0.91	0.00	1.11	0.02	1.21	2.71	7.93	0.07	0.18	3.57	0.1336	Faible
Huong Tho	0.57		0.66		2.06	2.27	4.05				0.0575	Faible
Nombre de communes à indice extrême: 1												
Nombre de communes à indice très fort : 3												
Nombre de communes à indice fort : 1												
Nombre de communes à indice moyen : 4												
Nombre de communes à indice faible : 3												

Tableau A.1e Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Huong Thuy

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Thuy Thanh					3.24	11.15	3.28	5.11	43.68	32.33	1.0000	Extrême
Thuy Van			0.41	0.09	6.32	12.92	16.07	2.90	2.31	53.65	0.9304	Extrême
Thuy Tan	18.70	0.18	20.42	5.43	6.07			42.55	1.47		0.5601	Fort
Thuy Luong	8.58		37.50	0.21	16.77	0.72		20.46	6.12		0.4934	Fort
Thuy Chau	4.58		2.29		4.87	1.04		18.35	15.43		0.3755	Moyen
Thuy Duong	1.08	0.29	1.02	0.98	3.70			5.65	17.48		0.2613	Moyen
Thuy Phu	10.33	0.76	8.56	3.21	2.48			17.22			0.2273	Moyen
Thuy Phuong	0.95		1.32	0.05	1.76	1.08		3.63	9.24		0.1481	Faible
Thuy Bang	0.20		0.17		0.39	1.41	6.97				0.0634	Faible
Phu Bai Town	8.88		4.90		0.56						0.0244	Faible
Nombre de communes à indice extrême: 2												
Nombre de communes à indice très fort : 0												
Nombre de communes à indice fort: 2												
Nombre de communes à indice moyen : 3												
Nombre de communes à indice faible : 3												

Tableau A.1f Synthèse de l'aléa d'inondation par commune, district de Phu Vang

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice d'aléa d'inondation par commune										Indice par commune	Niveau
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Phu My			0.02	0.02	4.19	13.50	9.42	6.13	34.83	18.04	0.8223	Extrême
Phu Luong	2.66		3.21		9.83	0.98		28.70	45.27		0.8146	Extrême
Phu Thanh			0.09	0.48	4.62	10.63	5.37	16.93	32.90	11.26	0.7754	Très fort
Phu Mau	0.09		4.61	1.69	18.53	14.65	4.01	11.72	22.75	13.49	0.7660	Très fort
Phu Thuong			5.01	0.55	11.43	21.28	17.66	8.33	17.32	11.40	0.7654	Très fort
Phu Ho	0.42		1.35	0.24	18.54	8.93	0.08	25.47	31.78	0.98	0.7533	Très fort
Phu Duong			3.39	6.53	33.42	7.47	0.01	25.00	20.23		0.7283	Très fort
Vinh Thai	12.54	0.03	4.99	0.19	5.32	2.77		3.34	54.82		0.6832	Très fort
Phu An			0.25	0.05	7.98	18.46	0.27	4.74	26.89	1.15	0.5122	Fort
Phu Da	16.74	0.04	9.16	0.91	9.96	5.95	0.55	8.18	22.99	3.47	0.5115	Fort
Vinh Ha	4.51	2.82	1.16	5.71	0.83	0.72		9.80	23.25		0.3811	Moyen
Phu Dien	2.06	0.02	2.54	0.07	1.34	3.68	4.19	0.03	1.75	18.63	0.3088	Moyen
Vinh Xuan	6.00	0.08	6.39		1.12	3.92	6.14		0.07	15.92	0.2934	Moyen
Phu Tan			1.70	0.40	27.43	4.14		6.98	2.26		0.2790	Moyen
Phu Xuan	1.26		2.66	0.18	10.47	4.39		7.15	9.69	0.20	0.2676	Moyen
Thuan An	5.89	0.11	8.10	1.75	21.46	2.00		7.65	1.10		0.2592	Moyen
Vinh Thanh	7.41	0.22	13.46	1.11	4.19	3.47	1.89	1.73	0.42	6.74	0.2182	Moyen
Vinh An	8.49		11.32	0.01	10.04	4.43	1.59	0.20	1.82	3.95	0.2125	Moyen
Phu Hai	5.86	0.15	1.38	0.09	2.02	6.55		2.75	10.98		0.2045	Moyen
Vinh Phu	12.08		9.22		6.12	5.41	3.57	0.19	0.95	3.22	0.1918	Faible
Phu Thuan	2.23	0.40	2.43	0.64	8.70	3.72		8.56	0.74		0.1728	Faible

Nombre de communes à indice extrême: 2
Nombre de communes à indice très fort : 6
Nombre de communes à indice fort : 2
Nombre de communes à indice moyen : 9
Nombre de communes à indice faible : 2

Tableau A.2a Synthèse des vulnérabilités par commune, ville de Hue

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Phu Binh	0.2576	0.5442	0.7863	0.6772	0.6319	0.4312	0.2892	0.6353	Très fort
2	Thuy An	0.5303	0.5154	0.7611	0.0436	0.8795	0.3985	0.3861	0.6012	Très fort
3	Huong Long	0.5000	0.5228	0.7580	0.0496	0.8467	0.3889	0.1659	0.5809	Fort
4	Huong So	0.4848	0.5396	0.7331	0.0727	0.8060	0.3699	0.2351	0.5722	Fort
5	Thuy Bieu	0.4242	0.5673	0.7451	0.0577	0.9118	0.4106	0.3627	0.5717	Fort
6	Phu Cat	0.0606	0.3487	0.6262	1.0000	0.9297	0.4978	0.5076	0.5608	Fort
7	Thuy Xuan	0.5152	0.4377	0.6957	0.0538	0.9115	0.4547	0.3831	0.5575	Fort
8	Phu Hiep	0.2576	0.4246	0.6822	0.4734	0.7618	0.4125	0.2313	0.5167	Fort
9	Vi Da	0.2121	0.5342	0.7188	0.3084	0.8075	0.4608	0.4525	0.5117	Fort
10	Kim Long	0.2576	0.4394	0.7022	0.2005	0.9544	0.3980	0.3830	0.4776	Fort
11	Phu Hoa	0.1212	0.3413	0.5669	0.5797	0.9233	0.5058	0.4012	0.4469	Fort
12	Phu Hau	0.1818	0.4450	0.6876	0.2858	0.7138	0.4655	0.5570	0.4387	Fort
13	An Cuu	0.1212	0.4083	0.5150	0.2745	0.9808	0.4917	0.3174	0.3720	Moyen
14	Phuoc Vinh	0.1061	0.2527	0.3368	0.6463	0.7968	0.6294	0.2448	0.3447	Moyen
15	Tay Loc	0.0303	0.3444	0.4766	0.5229	0.6894	0.4084	0.2159	0.3160	Moyen
16	Phu Thuan	0.1212	0.3626	0.6472	0.2608	0.4410	0.4349	0.0982	0.3132	Moyen
17	Phuong Duc	0.1212	0.3095	0.5600	0.3612	0.4443	0.5109	0.1833	0.3036	Moyen
18	Thuan Loc	0.0455	0.3110	0.4887	0.4522	0.5629	0.4829	0.3919	0.2875	Moyen
19	Xuan Phu	0.0758	0.3132	0.4725	0.2288	0.9297	0.4990	0.2592	0.2826	Moyen
20	Thuan Hoa	0.0000	0.2797	0.3479	0.5913	0.5668	0.5035	0.2973	0.2498	Moyen
21	Truong An	0.0606	0.2620	0.3711	0.2497	0.8014	0.5072	0.4035	0.2166	Moyen

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
22	Phu Hoi	0.0455	0.1098	0.1381	0.5438	0.9291	0.5237	0.6250	0.1875	Faible
23	Thuan Thanh	0.0000	0.1950	0.2710	0.3870	0.8477	0.5420	0.3165	0.1784	Faible
24	Vinh Ninh	0.0303	0.0000	0.0388	0.2312	0.9179	0.6545	0.1974	0.0228	Faible
25	Phu Nhuan	0.0303	0.0625	0.0000	0.5017	0.0000	0.6561	1.0000	0.0000	Faible
Nombre de communes à vulnérabilité extrême: 0										
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 2										
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 10										
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 9										
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 4										

Tableau A.2b Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phong Dien

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Phong Xuan	0.9394	0.8232	0.8121	0.0008	0.9956	0.2541	0.1072	0.9117	Extreme
2	Phong My	0.8939	0.7756	0.8078	0.0000	1.0000	0.1609	0.1481	0.8646	Extreme
3	Phong Chuong	0.8636	0.7568	0.8154	0.0080	0.9304	0.3654	0.4500	0.8608	Extreme
4	Dien Loc	0.8182	0.7597	0.8350	0.0182	0.9308	0.4190	0.5050	0.8544	Extreme
5	Dien Hoa	0.7727	0.7815	0.8130	0.0140	0.9732	0.5162	0.3114	0.8423	Extreme
6	Phong Hai	0.6212	0.9051	0.7806	0.0365	0.9245	1.0000	0.3022	0.8421	Extreme
7	Phong Son	0.8333	0.7191	0.8172	0.0033	0.9741	0.2593	0.5338	0.8304	Extreme
8	Phong Binh	0.8182	0.6666	0.8373	0.0176	0.8711	0.3532	0.5479	0.8093	Extreme
9	Phong Thu	0.7576	0.6766	0.7950	0.0040	0.9561	0.5239	0.2892	0.7874	Très fort
10	Phong An	0.6667	0.6639	0.8024	0.0138	0.9459	0.3426	0.5695	0.7319	Très fort
11	Dien Hai	0.7121	0.6227	0.7484	0.0196	0.9672	0.3914	0.0282	0.7218	Très fort
12	Phong Hoa	0.7121	0.5240	0.8178	0.0111	0.9317	0.3646	0.2026	0.7026	Très fort
13	Phong Hien	0.6818	0.5496	0.8158	0.0077	0.9141	0.3355	0.5610	0.6965	Très fort
14	Phong Dien Town	0.2879	0.6453	0.6958	0.0139	0.9123	0.3488	0.5835	0.5033	Fort
Nombre de communes à vulnérabilité extreme : 8										
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 5										
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 1										
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 0										
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0										

Tableau A.2c Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Quang Dien

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Quang Cong	0.8636	0.9145	0.8182	0.0209	0.8431	0.5198	0.1344	0.9169	Extrême
2	Quang Ngan	0.8030	0.8623	0.8467	0.0237	0.9468	0.6641	0.3672	0.9089	Extrême
3	Quang Thai	0.8333	0.8070	0.9237	0.0107	0.8563	0.4763	0.8361	0.9049	Extrême
4	Quang Loi	0.8636	0.7302	0.9032	0.0089	0.9699	0.1720	0.2542	0.8655	Extrême
5	Quang Phuoc	0.8333	0.7566	0.8821	0.0293	0.8323	0.2255	0.2335	0.8448	Extrême
6	Quang Tho	0.8333	0.6071	0.8094	0.0336	0.8715	0.2826	0.4738	0.7842	Très fort
7	Quang An	0.7879	0.6197	0.7916	0.0267	0.9699	0.3941	0.0948	0.7752	Très fort
8	Quang Thanh	0.7273	0.6137	0.8353	0.0396	0.9619	0.2868	0.2792	0.7542	Très fort
9	Quang Phu	0.7121	0.5854	0.7937	0.0390	0.9354	0.3711	0.4504	0.7297	Très fort
10	Quang Vinh	0.6061	0.5934	0.8042	0.0220	0.9252	0.3392	0.3061	0.6730	Très fort
11	Sia Town	0.3636	0.5907	0.7657	0.0340	0.8930	0.3057	0.4276	0.5400	Fort
Nombre de communes à vulnérabilité extrême : 5										
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 5										
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 1										
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 0										
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0										

Tableau A.2d Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Huong Tra

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Huong Tho	1.0000	0.8082	0.8181	0.0039	0.9720	0.2561	0.1596	0.9366	Extreme
2	Hai Duong	0.8485	0.7724	0.9196	0.0322	0.9929	0.6129	0.0000	0.9207	Extreme
3	Huong Phong	0.8485	0.7522	0.8376	0.0280	0.9198	0.3824	0.2089	0.8606	Extreme
4	Huong Van	0.8333	0.7383	0.8066	0.0042	0.9973	0.2546	0.3226	0.8332	Extreme
5	Huong An	0.6818	0.7091	0.7929	0.0202	0.9000	0.3066	0.3921	0.7418	Très fort
6	Huong Ho	0.7121	0.5809	0.7782	0.0105	0.9773	0.3271	0.0851	0.7109	Très fort
7	Huong Xuan	0.6667	0.6036	0.7891	0.0539	0.8152	0.3386	0.4504	0.6980	Très fort
8	Huong Toan	0.6970	0.5274	0.7621	0.0437	0.8730	0.3679	0.3067	0.6822	Très fort
9	Huong Vinh	0.5909	0.5908	0.7747	0.0705	0.9570	0.3956	0.2298	0.6768	Très fort
10	Huong Van	0.6364	0.5554	0.7811	0.0153	0.9038	0.2044	0.3663	0.6519	Très fort
11	Huong Chu	0.5303	0.5877	0.7634	0.0235	0.9269	0.2831	0.4404	0.6193	Très fort
12	Tu Ha Town	0.2424	0.4258	0.6230	0.0381	0.8722	0.4611	0.0695	0.3828	Moyen
Nombre de communes à vulnérabilité extreme : 4										
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 7										
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 1										
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 0										
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0										

Tableau A.2e Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Huong Thuy

No	Nom de commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Thuy Bang	0.8182	0.6918	0.8068	0.0125	0.9495	0.4144	0.2493	0.8177	Extreme
2	Thuy Luong	0.7121	0.6636	0.8478	0.0311	0.9556	0.2178	0.3544	0.7605	Très fort
3	Thuy Chau	0.6061	0.6534	0.8111	0.0219	0.9887	0.4727	0.0911	0.7124	Très fort
4	Thuy Phuong	0.5303	0.6447	0.8430	0.0184	0.8436	0.5066	0.3653	0.6696	Très fort
5	Thuy Phu	0.5909	0.5539	0.8070	0.0125	0.9388	0.3557	0.1942	0.6512	Très fort
6	Thuy Thanh	0.5455	0.5169	0.8355	0.0408	0.9735	0.4102	0.4022	0.6459	Très fort
7	Thuy Tan	0.5303	0.5784	0.8471	0.0217	0.8566	0.3240	0.0803	0.6301	Très fort
8	Thuy Van	0.4697	0.5218	0.7865	0.0459	0.8195	0.4182	0.6104	0.5801	Fort
9	Thuy Duong	0.3485	0.5155	0.7020	0.0294	0.9272	0.3676	0.4337	0.4945	Fort
10	Phu Bai Town	0.2121	0.4134	0.6399	0.0318	0.7736	0.5070	0.3090	0.3619	Moyen
Nombre de communes à vulnérabilité extreme : 1										
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 6										
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 2										
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 1										
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0										

Tableau A.2f Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phu Vang

No	Commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure de travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Phu An	0.9091	0.9527	0.9460	0.0321	0.9313	0.4363	0.0552	1.0000	Extreme
2	Vinh Xuan	1.0000	0.7505	0.9643	0.0178	0.9245	0.2821	0.1171	0.9619	Extreme
3	Phu Hai	0.7879	0.7972	1.0000	0.0938	0.8480	0.5887	0.1024	0.9234	Extreme
4	Vinh An	0.6364	1.0000	0.9316	0.0260	0.9521	0.6954	0.4933	0.9095	Extreme
5	Phu Dien	0.8030	0.8430	0.9201	0.0353	0.9818	0.4385	0.0371	0.9090	Extreme
6	Vinh Thanh	0.7879	0.9652	0.8586	0.0371	0.9029	0.2482	0.2582	0.9028	Extreme
7	Phu Xuan	0.8636	0.7489	0.9583	0.0106	0.9144	0.3508	0.2176	0.8971	Extreme
8	Vinh Ha	0.8939	0.7177	0.9088	0.0107	0.9777	0.1977	0.2820	0.8818	Extreme
9	Vinh Phu	0.8939	0.8127	0.8764	0.0235	0.7259	0.2462	0.3561	0.8801	Extreme
10	Phu Da	0.8030	0.8088	0.9029	0.0143	0.9127	0.2910	0.2794	0.8679	Extreme
11	Phu Thuan	0.7121	0.7570	0.9630	0.0498	0.9907	0.5636	0.0734	0.8646	Extreme
12	Phu Tan	0.9091	0.7191	0.8429	0.0195	0.9477	0.1671	0.1261	0.8620	Extreme
13	Vinh Thai	0.7727	0.8397	0.8597	0.0118	0.8779	0.2928	0.5092	0.8489	Extreme
14	Phu Thanh	0.8333	0.7062	0.8108	0.0238	0.8561	0.3244	0.3026	0.8154	Extreme
15	Phu My	0.7121	0.7171	0.9065	0.0342	0.9410	0.3911	0.2327	0.8095	Extreme
16	Phu Luong	0.6667	0.7667	0.8416	0.0126	0.9084	0.2490	0.1421	0.7603	Très fort
17	Phu Duong	0.6212	0.6124	0.8462	0.0669	0.8708	0.3632	0.1574	0.7055	Très fort
18	Phu Mau	0.6364	0.5311	0.8106	0.0491	0.9618	0.5138	0.1022	0.6917	Très fort
19	Phu Ho	0.5758	0.6555	0.8345	0.0202	0.9186	0.3232	0.2806	0.6866	Très fort
20	Thuan An	0.4545	0.7191	0.8429	0.1628	0.9477	0.1671	0.0151	0.6797	Très fort
21	Phu Thuong	0.3333	0.5291	0.6930	0.0768	0.8527	0.4224	0.3760	0.4961	Fort

Nombre de communes à vulnérabilité extrême : 15
Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 5
Nombre de communes à vulnérabilité forte : 1
Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 0
Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0

Tableau A.2g Synthèse des vulnérabilités par commune, district de Phu Loc

No	Commune	Pauvreté	Âge	Éducation	Densité de population	Densité de transport	Structure du travail	Genre	Vul.	Niveau
1	Vinh Hai	0.8636	0.8568	0.9717	0.0213	0.9918	0.4525	0.5716	0.9673	Extrême
2	Vinh Giang	0.9091	0.7509	0.9325	0.0111	0.9328	0.4125	0.6025	0.9260	Extrême
3	Vinh Hien	0.8788	0.6960	0.9324	0.0175	0.9712	0.4113	0.1873	0.8917	Extrême
4	Vinh Hung	0.8182	0.8200	0.9214	0.0198	0.8969	0.3569	0.1624	0.8881	Extrême
5	Loc Dien	0.7727	0.7388	0.9243	0.0053	0.9879	0.3555	0.2642	0.8480	Extrême
6	Vinh My	0.7576	0.7295	0.8441	0.0343	0.9035	0.5349	0.4749	0.8273	Extrême
7	Loc Son	0.7879	0.7455	0.8510	0.0156	0.8939	0.2562	0.1572	0.8145	Extrême
8	Loc An	0.6364	0.7452	0.8662	0.0221	0.9369	0.3710	0.2776	0.7648	Très fort
9	Loc Bon	0.7121	0.6336	0.8206	0.0156	0.8851	0.2583	0.0879	0.7263	Très fort
<p>Nombre de communes à vulnérabilité extrême: 7</p> <p>Nombre de communes à vulnérabilité très forte : 2</p> <p>Nombre de communes à vulnérabilité forte : 0</p> <p>Nombre de communes à vulnérabilité moyenne : 0</p> <p>Nombre de communes à vulnérabilité faible : 0</p>										

Tableau A.3g Synthèse des dommages par commune, district de Phu Loc

Commune	Pourcentage de superficie de l'indice de dommage par commune							Indice par commune	Niveau
	0	1	1.5	2	2.5	3	4		
Vinh Hai	40.34	25.82				33.84		0.3166	Moyen
Vinh My	45.29	22.97			0.05	31.69		0.2936	Moyen
Loc Son	3.19	1.39	21.22			24.62		0.2658	Moyen
Loc An	11.93	14.49	17.34		0.71	21.41		0.2643	Moyen
Vinh Giang	62.48	1.03	0		15.23	21.27		0.2553	Moyen
Vinh Hung	45.62	33.43			20.72	0.22		0.2127	Moyen
Loc Bon	10.1	12.91	10.74			12.81		0.1664	Faible
Vinh Hien	73.85	9.2			2.36	11.37		0.1207	Faible
Loc Dien	22.07	2.7			0.89	3.99		0.0397	Faible

Nombre de communes à dommages extrêmes : 0
 Nombre de communes à dommages très forts : 0
 Nombre de communes à dommages forts : 0
 Nombre de communes à dommages moyens : 6
 Nombre de communes à dommages faibles : 3

Tableau A.4 Synthèse des impacts environnementaux par commune

Nom de district	Nom de commune	Pourcentage de superficie des impacts environnementaux			Indice	Niveau
		Érosion	Éboulement	Pollution		
Ville de Hue	Phuong Duc		31.77		1.0000	Extrême
	Vi Da		19.91	1.9	0.6864	Très fort
	Phu Hau		18.94	0.37	0.6077	Très fort
	Phu Hoa		18.54		0.5834	Fort
	Phu Cat		17.92		0.5639	Fort
	Phu Thuan		11.51		0.3621	Moyen
	Vinh Ninh		10.72		0.3372	Moyen
	Thuy Bieu		10.44	0.06	0.3303	Moyen
	Phu Hiep		9.54		0.3001	Moyen
	Phu Hoi		7.71		0.2424	Moyen
	Kim Long		5.82		0.1829	Faible
	Huong Long		3.33		0.1045	Faible
	Phu Nhuan		2.07		0.0649	Faible
	Phu Binh		1.53		0.0479	Faible
	Huong So			0.57	0.0176	Faible
	Truong An		0.35		0.0107	Faible
	Thuy An			0.06	0.0016	Faible
Phong Dien	Phong Hoa			1.66	0.0520	Faible
	Phong Son		0.47	0.98	0.0453	Faible
	Phong Binh			1.31	0.0409	Faible
	Phong An		0.64	0.02	0.0205	Faible
	Phong Xuan			0.62	0.0192	Faible
	Phong Chuong			0.48	0.0148	Faible
	Dien Hai			0.38	0.0116	Faible
	Phong Hien		0.13	0.14	0.0082	Faible
	Phong Thu			0.13	0.0038	Faible
	Dien Hoa			0.02	0.0003	Faible
Quang Dien	Quang Tho		10.24	0.77	0.3463	Moyen
	Quang Phu		7.19	0.14	0.2305	Moyen
	Quang An		0.46	3.9	0.1370	Faible
	Quang Phuoc			3.85	0.1209	Faible
	Quang Ngan			3	0.0941	Faible

Nom de district	Nom de commune	Pourcentage de superficie des impacts environnementaux			Indice	Niveau
		Érosion	Éboulement	Pollution		
	Quang Vinh			1.91	0.0598	Faible
	Sia Town			1.89	0.0592	Faible
	Quang Cong			1.75	0.0548	Faible
	Quang Thanh			0.94	0.0293	Faible
	Quang Thai			0.4	0.0123	Faible
	Quang Loi			0.2	0.0060	Faible
Huong Tra	Huong Vinh		8.1		0.2547	Moyen
	Tu Ha Town		6.15		0.1933	Faible
	Huong Phong		4.48	0.71	0.1631	Faible
	Huong Xuan		4.92		0.1546	Faible
	Huong Tho		2.15		0.0674	Faible
	Hai Duong	1.73		0.14	0.0586	Faible
	Huong Ho		1.64		0.0513	Faible
	Huong Van		1.08	0.24	0.0412	Faible
	Huong Van		0.62	0.01	0.0195	Faible
	Huong Toan			0.13	0.0038	Faible
Phu Vang	Thuan An	15.61			0.4912	Moyen
	Phu Thanh		7.24	1.89	0.2872	Moyen
	Phu Mau		7.3	0.85	0.2563	Moyen
	Vinh Phu			3.23	0.1014	Faible
	Phu Thuong		2.65	0.53	0.0998	Faible
	Phu Thuan	2.33			0.0730	Faible
	Phu My			1.18	0.0368	Faible
	Phu Dien			1.05	0.0327	Faible
	Phu Tan		0.95		0.0296	Faible
	Phu Da			0.02	0.0003	Faible
	Phu An			0.01	0.0000	Faible
Huong Thuy	Thuy Van			2.43	0.0762	Faible
	Thuy Bang		1.76		0.0551	Faible
	Thuy Thanh			1.45	0.0453	Faible
Phu Loc	Loc An		2.83		0.0888	Faible
	Loc Dien		0.6		0.0186	Faible
	Vinh Giang			0.09	0.0025	Faible
	Loc Son			0.03	0.0006	Faible

Tableau A.6a Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, ville de Hue

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Domage		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Tay Loc	0.2924	2	0.9260	5	1.0000	5	0.0000	Non	0.8497	5
2	Huong So	0.2125	2	0.9095	5	0.4431	3	0.0179	1	0.8166	5
3	Phu Thuan	0.0373	1	0.8480	5	0.8233	5	0.3623	2	0.7302	4
4	Thuan Hoa	0.4486	3	0.7648	4	1.0000	5	0.0000	Non	0.7270	4
5	Thuan Loc	0.4359	3	0.9673	5	1.0000	5	0.0000	Non	0.7252	4
6	Phu Hoa	0.4171	3	0.8881	5	0.7169	4	0.5836	3	0.6880	4
7	Thuan Thanh	0.2288	2	0.7263	4	1.0000	5	0.0000	Non	0.6868	4
8	Vi Da	0.4934	3	0.7605	4	0.4891	3	0.6865	4	0.6427	4
9	Phu Cat	0.2273	2	0.6512	4	0.5629	3	0.5641	3	0.6363	4
10	Kim Long	0.5601	3	0.6301	4	0.5518	3	0.1832	1	0.6362	4
11	Huong Long	0.6832	4	0.8489	5	0.4105	3	0.1048	1	0.6297	4
12	Phu Binh	0.0805	1	0.8917	5	0.9163	5	0.0482	1	0.6113	4
13	Phu Hau	0.3584	2	0.8145	5	0.5608	3	0.6078	4	0.5828	3
14	Phu Hoi	0.0634	1	0.8177	5	0.6033	4	0.2427	2	0.4482	3
15	Xuan Phu	1.0000	5	0.6459	4	0.5304	3	0.0000	Non	0.4430	3
16	Phu Hiep	0.1322	1	0.8273	5	0.6544	4	0.3003	2	0.4367	3
17	Thuy Bieu	0.1918	1	0.8801	5	0.2643	2	0.3305	2	0.4061	3
18	Phu Nhuan	0.2613	2	0.4945	3	0.7004	4	0.0652	1	0.3729	2
19	Phuoc Vinh	0.0244	1	0.3619	2	0.5517	3	0.0000	Non	0.3676	2
20	Phuong Duc	0.3755	2	0.7124	4	0.3011	2	1.0000	5	0.2617	2
21	Vinh Ninh	0.1481	1	0.6696	4	0.5675	3	0.3374	2	0.2617	2

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Domage		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
22	Thuy An	0.2934	2	0.9619	5	0.1585	1	0.0019	1	0.2247	2
23	An Cuu	0.3811	2	0.8818	5	0.3372	2	0.0000	Non	0.1892	1
24	Truong An	0.9304	5	0.5801	3	0.3060	2	0.0110	1	0.1237	1
25	Thuy Xuan	0.2182	2	0.9028	5	0.0162	1	0.0000	Non	0.0108	1

Tableau A.6b Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phong Dien

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Dommages		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Phong An	0.7660	4	0.6917	4	0.1860	1	0.0208	1	0.3988	2
2	Phong Hien	0.7283	4	0.7055	4	0.1313	1	0.0085	1	0.3198	2
3	Phong Hoa	0.7533	4	0.6866	4	0.1343	1	0.0523	1	0.3188	2
4	Phong Thu	0.1728	1	0.8646	5	0.1478	1	0.0041	1	0.2607	2
5	Dien Hai	0.8223	5	0.8095	5	0.1736	1	0.0120	1	0.2571	2
6	Phong Chuong	0.3088	2	0.9090	5	0.0861	1	0.0151	1	0.2106	2
7	Phong Son	0.2790	2	0.8620	5	0.0761	1	0.0456	1	0.1840	1
8	Phong Binh	0.8146	5	0.7603	4	0.0643	1	0.0412	1	0.1813	1
9	Phong Dien Town	0.5115	3	0.8679	5	0.1000	1	0.0000	Non	0.1705	1
10	Dien Hoa	0.2676	2	0.8971	5	0.0632	1	0.0006	1	0.1460	1
11	Phong Xuan	0.7754	4	0.8154	5	0.0429	1	0.0195	1	0.0688	1
12	Phong Hai	0.5122	3	1.0000	5	0.0099	1	0.0000	Non	0.0081	1
13	Dien Loc	0.2045	2	0.9234	5	0.0000	1	0.0000	Non	0.0033	1
14	Phong My	0.7654	4	0.4961	3	0.0028	1	0.0000	Non	0.0000	1

Tableau A.6c Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Quang Dien

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Dommages		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Quang An	0.1336	1	0.8332	5	0.4450	3	0.1372	1	1.0000	5
2	Quang Thanh	0.7010	4	0.8606	5	0.4630	3	0.0296	1	0.9691	5
3	Quang Tho	0.3779	2	0.6519	4	0.4545	3	0.3466	2	0.8739	5
4	Quang Phuoc	0.7152	4	0.6980	4	0.3390	2	0.1212	1	0.8498	5
5	Quang Phu	0.8578	5	0.6822	4	0.5433	3	0.2307	2	0.7634	4
6	Quang Vinh	0.4939	3	0.6193	4	0.3608	2	0.0601	1	0.6334	4
7	Sia Town	0.2592	2	0.6797	4	0.3365	2	0.0595	1	0.6300	4
8	Quang Thai	0.0575	1	0.9366	5	0.2026	2	0.0126	1	0.4936	3
9	Quang Loi	0.1505	1	0.7109	4	0.1730	1	0.0063	1	0.3613	2
10	Quang Cong	0.7832	4	0.6768	4	0.2069	2	0.0551	1	0.3080	2
11	Quang Ngan	0.3345	2	0.7418	4	0.1483	1	0.0944	1	0.2579	2

Tableau A.6d Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Huong Tra

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Dommages		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Huong Toan	0.6663	4	0.7297	4	0.4190	3	0.0041	1	0.8509	5
2	Huong Vinh	0.2833	2	0.9169	5	0.4246	3	0.2550	2	0.8177	5
3	Huong Phong	0.8895	5	0.7542	4	0.3756	2	0.1634	1	0.8058	5
4	Huong Xuan	0.8072	5	0.8448	5	0.4542	3	0.1549	1	0.7767	4
5	Huong Chu	0.5913	3	0.6730	4	0.2559	2	0.0000	Non	0.4773	3
6	Huong Van	0.7340	4	0.7842	4	0.3101	2	0.0198	1	0.3768	2
7	Huong An	0.2342	2	0.9089	5	0.2027	2	0.0000	Non	0.3342	2
8	Tu Ha Town	0.2837	2	0.9207	5	0.5585	3	0.1936	1	0.3329	2
9	Hai Duong	0.3158	2	0.3828	2	0.1814	1	0.0589	1	0.3297	2
10	Huong Van	0.9228	5	0.7752	4	0.0763	1	0.0415	1	0.1551	1
11	Huong Ho	0.3133	2	0.8655	5	0.0883	1	0.0516	1	0.1537	1
12	Huong Tho	0.4489	3	0.9049	5	0.0504	1	0.0677	1	0.0811	1

Tableau A.6e Synthèse des problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phu Vang

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Dommages		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Phu My	0.2442	2	0.7218	4	0.3851	2	0.0371	1	0.9081	5
2	Phu Thanh	0.0579	1	0.9117	5	0.3915	2	0.2874	2	0.8890	5
3	Phu Mau	0.4227	3	0.7319	4	0.4770	3	0.2565	2	0.8284	5
4	Phu Luong	0.1683	1	0.8093	5	0.3957	2	0.0000	Non	0.8089	5
5	Vinh Thai	0.6423	4	0.5809	3	0.3476	2	0.0000	Non	0.7849	4
6	Phu Duong	0.3292	2	0.6965	4	0.4502	3	0.0000	Non	0.7766	4
7	Phu Ho	0.3352	2	0.7026	4	0.4255	3	0.0000	Non	0.7713	4
8	Phu Thuong	0.0000	1	0.8646	5	0.5253	3	0.1001	1	0.7413	4
9	Phu An	0.0112	1	0.8421	5	0.2971	2	0.0003	1	0.6346	4
10	Phu Da	0.2390	2	0.5033	3	0.3173	2	0.0006	1	0.6057	4
11	Vinh Ha	0.1378	1	0.3720	2	0.2576	2	0.0000	Non	0.4290	3
12	Phu Tan	0.1697	1	0.8304	5	0.2463	2	0.0299	1	0.3506	2
13	Vinh Xuan	0.2191	2	0.6012	4	0.1635	1	0.0000	Non	0.3236	2
14	Phu Xuan	0.1397	1	0.8423	5	0.2042	2	0.0000	Non	0.3208	2
15	Phu Dien	0.1815	1	0.8608	5	0.1540	1	0.0331	1	0.3174	2
16	Vinh Phu	0.3691	2	0.5717	3	0.3184	2	0.1017	1	0.2548	2
17	Thuan An	0.6634	4	0.5400	3	0.0812	1	0.4913	3	0.2452	2
18	Vinh An	0.8785	5	0.5722	3	0.1386	1	0.0000	Non	0.2406	2
19	Vinh Thanh	0.0124	1	0.5575	3	0.1462	1	0.0000	Non	0.2402	2
20	Phu Hai	0.0047	1	0.8544	5	0.1276	1	0.0000	Non	0.2333	2
21	Phu Thuan	0.2324	2	0.7874	4	0.1317	1	0.0733	1	0.2041	2

Tableau A.6f Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Huong Thuy

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Domage		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Thuy Thanh	0.5911	3	0.2826	2	0.4233	3	0.0456	1	0.9214	5
2	Thuy Van	0.1310	1	0.2166	2	0.4740	3	0.0765	1	0.8624	5
3	Thuy Tan	0.6152	4	0.4776	3	0.5393	3	0.0000	Non	0.6351	4
4	Thuy Luong	0.5738	3	0.5117	3	0.5504	3	0.0000	Non	0.5613	3
5	Thuy Chau	0.2039	2	0.3036	2	0.2105	2	0.0000	Non	0.3862	2
6	Thuy Phu	0.4685	3	0.5608	3	0.2286	2	0.0000	Non	0.2548	2
7	Thuy Duong	0.4480	3	0.0000	1	0.1232	1	0.0000	Non	0.2328	2
8	Thuy Phuong	0.2684	2	0.0228	1	0.0798	1	0.0000	Non	0.1452	1
9	Thuy Bang	0.4845	3	0.1875	1	0.0567	1	0.0554	1	0.0873	1
10	Phu Bai Town	0.2745	2	0.3447	2	0.1185	1	0.0000	Non	0.0405	1

Tableau A.6g Synthèse de problèmes des risques sociaux d'inondation par commune, district de Phu Loc

No	Nom de commune	Aléa		Vulnérabilité		Dommages		Environnement		Risque social	
		Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau	Indice	Niveau
1	Vinh Hai	0.5891	3	0.2875	2	0.3166	2	0.0000	Non	0.5566	3
2	Loc An	0.6655	4	0.2498	2	0.2643	2	0.0891	1	0.5052	3
3	Vinh Hung	0.5358	3	0.4469	3	0.2127	2	0.0000	Non	0.4747	3
4	Loc Son	0.4935	3	0.4387	3	0.2658	2	0.0009	1	0.4366	3
5	Vinh Giang	0.6549	4	0.3160	2	0.2553	2	0.0028	1	0.3624	2
6	Loc Bon	0.5741	3	0.1784	1	0.1664	1	0.0000	Non	0.2299	2
7	Vinh My	0.3210	2	0.5167	3	0.2936	2	0.0000	Non	0.1717	1
8	Vinh Hien	0.4076	3	0.6353	4	0.1207	1	0.0000	Non	0.1011	1
9	Loc Dien	0.5717	3	0.3132	2	0.0397	1	0.0189	1	0.0505	1

APPENDICE B

LA SYNTHÈSE DES MODÈLES D'ÉVALUATION DES RISQUES

I. Modèle EPC

Ce modèle, détaillé dans l'évaluation des risques de catastrophe en temps de paix (*Emergency Preparedness Canada, 1992*), comprend sept étapes:

1. Revoir, et actualiser au besoin, une liste des dangers.
2. Recueillir des données historiques pertinentes (par exemple, à quelle fréquence, le degré de dommage, le nombre de personnes affectées, les problèmes rencontrés, et les coûts encourus). L'information est ensuite évaluée sur une échelle allant de 1 à 5.
3. Envisager des modifications des facteurs de risque ou les circonstances qui affectent la probabilité du danger. Il s'agit de donner une valeur allant de -3 pour le risque réduit de façon significative à +3 pour l'augmentation significative du risque.
4. Examiner les facteurs de risques extérieurs à la communauté. Ce sont des valeurs allant de -3 à 3 comme dans l'étape ci-dessus.
5. Exprimer la vulnérabilité des collectivités comme une valeur de 0 (l'absence de changement dans la précédente évaluation) à 3 (à savoir, le changement de hauteur).
6. Pour chaque danger, ajouter les valeurs (des étapes 2 - 5), comparer des valeurs, et attribuer les priorités.

II. Modèle de la FEMA

La FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) est une agence du gouvernement américain pour l'atténuation des catastrophes, la préparation, l'intervention et le rétablissement de la planification. Le modèle d'évaluation des risques de la FEMA est basé sur quatre critères, qui permettent ensuite d'attribuer trois niveaux de risque : haut, moyen et bas. Le modèle demande aux planificateurs d'envisager les critères suivants:

1. Histoire de l'évènement dans la zone en question
2. Vulnérabilité des personnes. Cela implique deux facteurs:
 - a. Population (par exemple, les groupes vulnérables, la densité, la proximité de zones de danger)
 - b. Hébergement (par exemple, la valeur, la proximité de zones à risque)
3. Degré maximal de la menace, ou la partie de la communauté susceptible d'être touchée par la catastrophe
4. Probabilité d'apparition sur une période d'un an

Ces quatre critères ne sont pas de même pondération. Ils donnent les valeurs suivantes: 2, 5, 10 et 7 respectivement. Les planificateurs ont besoin de marquer chaque danger en multipliant la cote donnée dans chaque critère par sa «valeur» et en ajoutant ensuite les quatre sous-totaux pour un danger spécifique. Le modèle suggère que les scores de risque de plus de 100 points définiront des lieux comme étant «prioritaires».

III. Modèle APELL

Le modèle APELL (*Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level*) est basé sur le « *Swedish Rescue Services Board Handbook* » en 1989 et ensuite développé par l'UNEP (*United Nations Environment Programme Industry and Environment Program Activity Centre*) en 1991. Il vise principalement à réduire les accidents technologiques et l'amélioration de la planification d'urgence. Il contient les étapes suivantes (Peace 2000):

1. Choisir l'objet d'étude (l'établissement industriel, l'école, l'exploitation commerciale).
2. Déterminer quelles opérations sont menées cet endroit (par exemple, la fabrication, la vente, des services, etc.)
3. Énumérer les éléments capables de produire un danger (par exemple, les produits chimiques, les processus ou les caractéristiques géologiques) ainsi qu'une estimation du montant des articles en question (si possible).
4. Déterminer les types de risques - le type d'événement potentiellement dangereux qui pourrait se produire (par exemple, l'explosion, l'incendie, le tremblement de terre).
5. Déterminer qui ou ce qui serait menacé. Les lignes directrices indiquent trois domaines prioritaires: les personnes, l'environnement et les propriétés.
6. Envisager les conséquences de l'événement s'il a lieu (par exemple, la contamination de l'eau potable, des dommages aux infrastructures).
7. Examiner le niveau de quatre conséquences possibles: la vie et la santé, l'environnement, la propriété et la rapidité du développement de risque. Ces domaines relèvent de la catégorie «gravité», et chacun a une valeur associée.
 - a. Conséquences catastrophiques pour la vie et la santé (Par exemple : plus de 20 morts, plusieurs centaines de blessés graves, et plus de 500 évacués).
 - b. Conséquences catastrophiques pour l'environnement en fonction d'une contamination (très lourdes, ou les effets répandus).
 - c. Conséquences catastrophiques sur la propriété en termes de pertes économiques (par exemple : moins de 1000 \$ jusqu'à plus de 20 000 dollars).
 - d. essayer de déterminer s'il existe un système d'alerte adéquat (valeur 1 pour un système d'alerte efficace et 5 pour une absence de système d'alerte).

8. La probabilité est déterminée avec des valeurs de 1 pour improbable (survenant au moins une fois par 1000 ans) à 5 pour les cas probables (survenant plus d'une fois par an).
9. Sur la base de ces classements, comparer les conséquences et ensuite reclasser par ordre de priorité.
10. Inclure tout commentaire supplémentaire.

IV. Modèle SMUG

La plupart des Groupes CDEM⁷ de Nouvelle-Zélande utilisent la technique d'analyse de risque SMUG (*Seriousness, Manageability, Urgency, and Growth*), ou adaptent le modèle pour répondre à leurs objectifs proposés (Cunningham 2006). Le modèle SMUG fournit une méthode pour hiérarchiser les plus grands risques. Il gère efficacement les risques dans l'avenir en privilégiant les efforts de 4R⁸ (la Réduction, la préparation, l'intervention et le rétablissement). Ce modèle permet d'évaluer chaque risque en fonction de cinq facteurs, chacun allant d'une valeur 1 (faible) à 10 (haut). Cette approche permet de dégager un consensus concernant l'importance de chaque risque par les intervenants clés.

Les cinq facteurs sont les suivants:

1. Gravité: l'impact relatif des risques en termes de montants et de personnes.
2. Gérabilité: l'acte communautaire vient avant l'événement (High) ou à la suite (faible)?
3. Urgence: Quand faut-il agir? Tout de suite (Haute) ou après (faible)?
4. Risque: Quelle est la probabilité de ce danger?

⁷CDEM: Civil Defence Emergency Management

⁸ 4R: Reduction, Repair, Response et Recovery

5. Croissance: Si rien n'est fait, le risque de s'aggraver sera- il haut ou faible?

La relative « valeur » de chaque risque est la somme de la pondération des facteurs.

V. Modèle NOAA

Ce modèle est développé par l'agence gouvernementale des États-Unis NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Le modèle NOAA, qui encourage l'utilisation des SIG, prévoit un processus en huit étapes pour effectuer les analyses de trois composantes : l'aléa, le risque et la vulnérabilité pour les grandes communautés. Chacune de ces étapes est axée sur un élément distinct de la communauté et encourage une analyse des données disponibles.

Le processus souligne les « intrants » de processus et de « production » pour chacune des étapes. Le résumé qui suit met en évidence les huit étapes et leurs sous-composantes:

1. Identification des aléas

a. Déterminer les risques à considérer.

b. Pour chaque aléa sélectionné, établir sa probabilité relative, sa zone d'impact potentielle et son ampleur probable. Chaque score se base sur une échelle de 1 à 5 où 1 est faible et 5 est élevé, et ceux-ci sont répertoriés dans une matrice:

(Fréquence + zone d'impact) Score x Magnitude = Total

2. Analyse des risques

a. Pour chaque risque choisi, cartographier les zones des risques considérés pour identifier les zones à haut impact potentiel.

b. Attribuer les scores ou les classements relatifs dans les zones à risque. (Le modèle accepte que certaines zones à risque soient classées aux différentes échelles).

3. Analyse les installations critiques

a. Identifier les catégories de installations critiques pour la communauté (par exemple, les refuges, les centres de soins, les structures d'intervention, les services d'utilité publique, les hôpitaux, les écoles, les communications, les services gouvernementaux, les services financiers et de transport).

b. Compléter l'inventaire des installations critiques.

c. Identifier les chevauchements entre les installations critiques et les zones à haut risque.

d. Procéder une évaluation de vulnérabilité pour chaque installation critique dans les zones à risques. (Inclure les facteurs structuraux et opérationnels).

4. Analyse sociétale

a. Identifier les zones d'attention particulière (par exemple, les zones incluant une forte concentration des populations à risque, ou des populations vulnérables).

b. Identifier les situations dans les zones d'attention particulière situées dans les zones à haut risque.

c. La troisième étape consiste à effectuer l'inventaire (par exemple, le nombre de ménages) dans chaque zone d'attention spéciale qui se trouve dans une zone à haut risque.

5. Analyse économique

a. Identifier les principaux secteurs économiques et localiser les principaux centres économiques.

b. Identifier les intersections (ou les chevauchements) entre les centres économiques et des zones à haut risque.

c. Effectuer un inventaire général du haut risque pour les centres économiques.

d. Identifier les grands employeurs et leur croisement avec les zones à haut risque.

e. Procéder une analyse de la vulnérabilité sur les structures de grands employeurs comme les facilités critiques.

6. Analyse environnementale

a. Identifier les risques secondaires pour les sites d'attention (par exemple, les zones avec un impact secondaire potentiel des aléas naturels sur l'environnement) et les principaux sites de ressources environnementales (par exemple, les zones des matériaux dangereux ou toxiques).

b. Identifier les intersections (ou chevauchements) des zones d'attention à risques secondaires, les sites de ressources environnementales et les zones d'attention à haut risque.

c. Identifier les localisations principales des ressources environnementales (par exemple, des zones particulièrement sensibles aux impacts secondaires) et leur proximité aux zones à risque secondaire.

d. Analyser la vulnérabilité sur la priorité des sites à risque secondaire, comme les facilités critiques.

7. Analyse des opportunités d'atténuation

a. Déterminer l'intersection ou le chevauchement entre terres sous-développées et zones à haut risque.

b. Effectuer un inventaire des terres sous-développées à haut risque.

c. Déterminer l'état des législations actuelles et les programmes d'assurance contre les inondations.

8. Résumer les résultats

Cette dernière section est destinée à fournir:

a. Un résumé des sept étapes précédentes.

b. Les recommandations et les priorités pour mener les actions liées à l'atténuation.

Une note additionnelle: Le modèle NOAA pourrait inclure un huitième facteur - « Analyse politique », qui contiendrait les étapes suivantes:

- a. Identifier les principaux problèmes politiques inhérents aux zones à haut risque.
- b. Identifier les forces politiques pour ou contre les actions liées à l'atténuation dans les zones à haut risque.
- c. Faire la pondération de la dynamique des politiques attendues.
- d. Identifier les « attentes raisonnables » ou correctives (politiques) d'action.

VI. Modèle UNDRO

Le modèle UNDRO (*United Nations Disaster Relief Co-ordinator*) est limité aux risques naturels (divisés en événements hydrologiques et géologiques) et un seul risque technologique (par exemple, la pollution à partir des dommages causés par les installations industrielles) (UNDRO 1991). Ce modèle comporte les étapes suivantes:

- 1. Examiner des documents historiques et des conditions géologiques ou topologiques.
- 2. Identifier les événements (H).
- 3. Déterminer les éléments à risque (E). Le modèle demande un inventaire:
 - a. Des structures
 - b. Des structures spéciales, logements, types de bâtiment répandus
 - c. Des infrastructures
 - d. Des cours d'eau, télécommunications, systèmes d'égouts
- 4. Les groupes d'éléments à risque:
 - a. Les routes, les voies ferrées, les services d'eau, les services d'électricités, le gaz et le pétrole

b. Déterminer la vulnérabilité (V), ou la capacité de résister aux dégâts à cause des éléments à risque. Le modèle utilise une échelle de 0 (aucun dommage) à 10 (la destruction totale)

5. Déterminer le degré de perte attendue (Rs) à cause de chaque événement, qui comprend:

a. Les services communautaires

b. Les infrastructures

c. Les zones de logements

d. Les zones économiques

6. Classifier les risques:

a. Acceptables (par exemple, la valeur accumulée est au-dessous de la limite de sécurité)

b. Marginalement acceptable (la valeur accumulée est au-dessus de la limite de sécurité)

c. Marginalement inacceptable

d. Haut

e. Très élevé

f. Critique

g. Catastrophe

7. Carte de superposition des différents risques

Le risque total exprimé en tant que: $R_t = (E) (R) = (E) (H \times V)$

8. Envisager l'impact socio-économique des catastrophes (par exemple, en termes de coûts quantitatifs et qualitatifs).

Le modèle UNDRO utilise l'approche humain-capital, qui évalue la vie et la souffrance au niveau économique. Elle mesure, en coûts directs, la valeur des dommages des investissements publics et du logement et de l'impact économique.

VII. Modèle HIRV

Le modèle HIRV (*Hazard Impact Risk Vulnerability*) a été développé par Laurie Pearce (2000) dans le cadre de sa thèse de doctorat. C'est un outil conçu pour les communautés locales ou des gouvernements régionaux, reposant sur les connaissances des communautés locales et complété par des experts. Le modèle retenu prévoit la création d'une commission d'experts. Ce modèle (voir ci-dessous) comprend cinq composantes principales, chacune est reliée à un processus spécifique. Leur résultat collectif conduit à une évaluation de la vulnérabilité d'une région, d'une communauté, ou bien d'une part d'une communauté (Pearce 2000).

Le volet « Identification des aléas » vise à identifier et à clarifier ces aléas qui pourront conduire à une catastrophe. Ce modèle contient une liste qui est divisée en trois catégories: (1) naturel, (2) maladies, épidémies, et infestations, et (3) Induit par des personnes. Ce processus comprend également une étude de l'histoire de chaque aléa.

La composante « Analyse de risque » vise à fournir une meilleure compréhension des risques affrontés par la communauté. Chaque aléa est analysé afin de déterminer l'histoire de ce risque dans la région, les facteurs de risque en cours (c'est à dire ceux qui existent contre une liste de potentiels), le degré de certitude des données sur lesquelles l'analyse est faite, et une classification des risques (par exemple, de +3 ou « danger est le plus susceptible de se produire » à -3 ou « danger est le plus susceptible de ne pas se produire »).

La composante « Analyse de vulnérabilité » vise à fournir une compréhension plus claire de la vulnérabilité face à la communauté aux aléas identifiés.

« Vulnérabilité » est analysée en examinant chaque aléa en fonction de quatre catégories principales: les gens, les lieux, la préparation, et le temps. Chacune des quatre catégories de

chaque aléa, est évaluée pour sa vulnérabilité avec une échelle de 3 à -3 (par exemple, similaire à l'« Analyse des risques » ci-dessus).

La certitude de la cotation pour chaque risque est alors identifiée.

La composante « Analyse d'impact » vise à fournir une compréhension plus claire de l'impact de chaque risque sur la population. Le modèle préconise quatre domaines d'impact: social, environnemental, économique et politique avec une échelle de 3 (impact très élevé) à 1 (pas d'impact). L'analyse d'impact de chaque risque est alors complétée par une identification du degré de « certitude », et une recommandation globale « évaluation d'impact » est attribuée.

La composante « Gestion de risque » combine les analyses précédentes en une seule couche afin d'illustrer le niveau de risque et de vulnérabilité pour chaque risque pour chaque région. Le modèle encourage l'utilisation de couleurs pour illustrer les différents niveaux ou différentes catégories.

APPENDICE C

ÉLÉVATION DE L'INONDATION HISTORIQUE EN 1999, PROVINCE DE THUA
THIEN HUE*(Source : Université d'irrigation d'Hanoi, Vietnam)*

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
1	1999	761563	1826741	3.76	6.60	2.84
2	1999	762145	1826176	3.70	6.28	2.58
3	1999	804537	1811581	3.70	6.64	2.94
4	1999	804913	1813395	5.31	6.60	1.29
5	1999	761923	1830085	5.32	6.37	1.05
6	1999	760740	1829750	5.02	7.17	2.15
7	1999	760631	1826658	5.02	6.47	1.45
8	1999	765486	1826951	4.98	6.43	1.45
9	1999	790092	1811996	5.63	6.54	0.91
10	1999	761416	1826257	5.46	6.86	1.40
11	1999	771261	1820816	4.98	6.48	1.50
12	1999	777138	1820733	4.64	5.34	0.70
13	1999	759634	1826594	4.51	6.91	2.40
14	1999	795408	1806795	4.74	7.29	2.55
15	1999	769613	1821226	4.33	6.33	2.00
16	1999	762080	1830499	4.93	5.83	0.90
17	1999	776446	1821259	4.92	7.12	2.20
18	1999	767434	1823043	4.96	6.46	1.50
19	1999	767474	1822848	4.97	5.00	0.03
20	1999	770777	1820551	5.00	6.80	1.80
21	1999	777547	1820511	5.00	5.90	0.90
22	1999	760530	1826461	5.08	7.58	2.50
23	1999	769033	1821481	5.09	6.79	1.70
24	1999	768731	1822845	4.71	5.71	1.00
25	1999	769649	1820814	4.01	7.37	3.36
26	1999	777354	1820738	4.70	6.10	1.40
27	1999	770522	1820450	4.98	7.48	2.50

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
28	1999	775779	1821500	4.54	6.04	1.50
29	1999	762257	1829946	3.49	6.90	3.41
30	1999	762388	1830025	3.71	6.50	2.79
31	1999	772287	1820908	4.00	8.29	4.29
32	1999	759853	1830896	3.93	6.51	2.58
33	1999	758724	1839511	3.88	5.10	1.22
34	1999	772966	1821200	3.98	6.81	2.83
35	1999	760344	1827837	3.97	6.48	2.51
36	1999	775548	1821268	4.96	5.71	0.75
37	1999	794853	1817302	4.08	6.60	2.52
38	1999	772776	1821358	3.42	6.82	3.40
39	1999	762260	1826223	3.88	6.44	2.56
40	1999	798459	1813796	4.51	7.01	2.50
41	1999	762520	1831473	3.96	6.57	2.61
42	1999	769497	1820821	4.16	6.16	2.00
43	1999	774868	1822908	2.67	6.88	4.21
44	1999	777157	1822492	2.78	6.14	3.36
45	1999	778537	1823470	2.67	5.76	3.09
46	1999	773036	1824326	2.81	6.28	3.47
47	1999	776271	1824780	2.84	5.00	2.17
48	1999	778292	1821566	2.91	4.95	2.04
49	1999	769202	1830015	2.99	5.13	2.14
50	1999	774955	1822780	2.97	6.85	3.88
51	1999	774050	1824409	3.14	6.69	3.55
52	1999	768836	1825211	3.40	5.24	1.84
53	1999	772362	1821414	3.44	6.97	3.53
54	1999	760432	1828065	4.14	6.64	2.50
55	1999	762013	1830125	3.92	7.35	3.43
56	1999	771510	1821330	3.80	6.82	3.02
57	1999	761983	1830226	3.95	6.39	2.44
58	1999	770871	1821318	4.32	5.12	0.80
59	1999	760407	1829604	4.27	6.07	1.80
60	1999	768435	1824966	4.00	5.80	1.80
61	1999	774829	1820843	3.97	6.07	2.1
62	1999	760442	1828446	4.11	6.40	2.29
63	1999	760561	1829799	4.50	5.60	1.10
64	1999	765913	1835981	4.88	7.03	2.15
65	1999	760497	1827856	4.82	7.82	3.00
66	1999	775921	1821090	4.93	6.12	1.19
67	1999	769306	1820711	4.00	8.43	4.43
68	1999	768780	1824168	4.00	5.70	1.70
69	1999	774891	1824772	2.99	4.94	1.96
70	1999	777624	1821884	3.03	5.13	2.10

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
71	1999	760555	1828666	3.38	6.90	3.53
72	1999	779956	1823329	1.14	5.92	4.78
73	1999	791692	1812324	0.97	6.49	5.52
74	1999	769484	1831712	0.86	4.64	3.78
75	1999	764016	1838313	0.72	4.60	3.88
76	1999	780759	1823163	0.75	5.99	5.24
77	1999	780931	1825345	0.74	6.17	5.43
78	1999	776172	1830062	0.71	5.76	5.05
79	1999	793891	1816247	0.56	6.64	6.08
80	1999	771373	1826296	0.51	6.49	5.98
81	1999	772510	1832384	0.33	4.83	4.50
82	1999	798846	1812605	0.31	6.71	6.40
83	1999	796989	1813040	0.33	6.59	6.26
84	1999	780918	1825771	0.14	5.05	4.91
85	1999	777128	1823630	1.00	5.01	4.01
86	1999	771162	1830588	2.31	5.64	3.33
87	1999	777286	1824238	2.18	5.34	3.16
88	1999	777885	1821350	2.00	4.51	2.51
89	1999	765883	1832120	2.50	5.42	2.92
90	1999	772685	1822956	2.25	6.34	4.09
91	1999	772907	1825151	2.05	6.68	4.63
92	1999	771061	1820701	5.00	6.20	1.20
93	1999	770686	1823122	2.00	5.80	3.80
94	1999	767762	1834145	1.99	5.05	3.06
95	1999	776884	1821368	1.96	5.04	3.08
96	1999	768738	1833567	1.87	5.44	3.57
97	1999	781538	1824532	1.71	5.40	3.69
98	1999	764322	1830571	2.24	6.09	3.85
99	1999	763508	1842696	2.07	5.28	3.21
100	1999	760875	1839874	2.05	4.85	2.80
101	1999	767603	1836175	2.04	5.28	3.24
102	1999	777904	1821306	2.00	5.10	3.10
103	1999	772573	1824604	2.00	6.30	4.30
104	1999	769695	1822796	1.99	6.08	4.09
105	1999	772329	1821473	1.94	6.49	4.55
106	1999	775830	1827879	1.83	5.70	3.87
107	1999	778307	1821396	1.97	5.17	3.20
108	1999	773250	1822575	1.94	6.95	5.01
109	1999	775452	1822362	1.57	6.12	4.55
110	1999	779508	1823368	1.45	5.56	4.11
111	1999	772797	1824507	1.95	5.45	3.50
112	1999	781205	1824672	1.47	5.52	4.06
113	1999	777547	1825478	1.15	5.77	4.62

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
114	1999	777674	1824065	1.15	6.00	4.85
115	1999	778621	1821477	1.50	5.99	4.50
116	1999	776678	1830485	1.32	4.45	3.14
117	1999	769471	1830554	2.14	5.19	3.05
118	1999	772553	1824212	2.16	5.80	3.64
119	1999	773398	1823537	2.16	6.48	4.32
120	1999	764202	1830619	2.26	5.79	3.54
121	1999	777572	1823546	2.31	5.76	3.45
122	1999	777676	1821868	2.61	5.18	2.57
123	1999	775819	1823054	2.29	7.11	4.82
124	1999	769183	1829721	2.01	5.37	3.36
125	1999	776890	1825508	2.66	4.98	2.32
126	1999	774612	1824172	2.56	6.73	4.17
127	1999	777924	1823161	2.32	5.78	3.46
128	1999	773233	1822802	2.46	6.99	4.53
129	1999	777510	1822582	2.83	5.55	2.72
130	1999	776770	1821083	2.26	6.01	3.75
131	1999	776978	1825171	2.90	5.14	2.24
132	1999	774713	1824771	2.97	5.63	2.66
133	1999	776242	1824933	2.74	5.92	3.18
134	1999	777260	1821678	2.68	4.91	2.23
135	1999	764240	1831592	2.51	6.04	3.53
136	1999	773210	1822837	2.66	7.44	4.78
137	1999	773294	1822327	2.45	6.58	4.13
138	1999	778013	1823317	2.40	5.84	3.44
139	1999	776018	1825076	2.35	6.90	4.56
140	1999	778743	1822781	2.82	4.33	1.51
141	1999	776771	1822661	2.73	6.14	3.41
142	1999	762313	1826975	3.10	5.43	2.33
143	1999	765345	1827876	3.04	4.95	1.91
144	1999	774835	1821313	3.03	6.40	3.37
145	1999	775078	1824641	2.67	5.46	2.79
146	1999	777980	1822431	2.62	5.20	2.58
147	1999	775345	1821528	1.03	5.95	4.92
148	1999	780408	1823320	1.02	5.50	4.48
149	1999	779471	1824853	1.01	5.17	4.16
150	1999	774237	1827717	1.05	6.57	5.52
151	1999	767357	1833692	1.12	4.97	3.86
152	1999	777869	1821676	1.08	5.55	4.47
153	1999	768571	1833840	1.23	5.55	4.32
154	1999	778210	1823364	1.46	5.85	4.39
155	1999	771277	1830617	1.63	5.98	4.35
156	1999	769725	1824713	2.00	5.92	3.92

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
157	1999	770900	1824533	2.00	6.01	4.01
158	1999	787551	1817450	1.11	6.52	5.41
159	1999	779980	1825063	1.09	4.40	3.31
160	1999	763369	1830157	1.02	6.28	5.26
161	1999	780403	1824656	1.01	5.34	4.33
162	1999	779926	1821105	0.95	6.87	5.92
163	1999	778171	1824319	1.00	5.78	4.78
164	1999	777693	1824570	0.87	5.40	4.53
165	1999	772876	1830611	1.03	6.15	5.13
166	1999	773833	1829088	1.00	6.67	5.67
167	1999	778145	1824301	1.00	5.26	4.26
168	1999	793799	1811647	1.00	6.49	5.49
169	1999	777127	1824913	0.94	5.92	4.98
170	1999	792439	1814081	0.85	6.60	5.75
171	1999	772876	1833544	0.82	6.34	5.52
172	1999	765233	1841341	0.84	5.03	4.19
173	1999	775305	1831464	0.70	5.60	4.90
174	1999	780080	1824890	1.31	5.66	4.35
175	1999	778769	1823519	1.59	6.03	4.44
176	1999	767618	1833861	1.63	5.53	3.90
177	1999	777600	1826798	1.72	5.10	3.38
178	1999	767855	1827311	1.72	5.53	3.81
179	1999	772473	1824313	2.14	4.49	2.35
180	1999	777097	1825173	2.15	6.00	3.85
181	1999	778687	1823527	2.26	5.29	3.03
182	1999	777224	1823074	1.68	6.46	4.78
183	1999	769276	1833240	1.37	5.29	3.92
184	1999	777807	1823400	1.30	5.28	3.98
185	1999	767537	1833934	1.33	7.26	5.93
186	1999	778835	1823545	1.26	5.55	4.30
187	1999	768553	1834200	1.22	5.05	3.83
188	1999	778099	1824835	1.03	5.90	4.87
189	1999	767633	1834998	1.03	5.00	3.97
190	1999	777851	1822237	1.04	5.98	4.94
191	1999	774197	1828669	1.08	6.28	5.20
192	1999	777874	1822097	1.15	6.26	5.11
193	1999	767415	1833848	1.14	5.20	4.06
194	1999	779399	1824505	1.14	5.02	3.88
195	1999	765906	1841006	0.65	4.71	4.06
196	1999	789130	1817011	0.26	6.55	6.30
197	1999	760089	1826376	5.05	7.05	2.00
198	1999	769243	1832263	0.65	6.05	5.40
199	1999	778160	1824489	1.12	5.51	4.39

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
200	1999	769000	1839497	1.02	5.71	4.69
201	1999	773267	1830096	1.04	6.43	5.39
202	1999	765068	1833521	0.94	5.22	4.28
203	1999	772454	1832195	0.46	5.52	5.06
204	1999	778865	1825083	1.03	4.57	3.54
205	1999	778037	1822032	1.08	6.23	5.15
206	1999	773101	1829682	1.12	6.07	4.95
207	1999	761786	1830475	1.50	6.61	5.11
301	1999	774967	1821340	3.00	6.38	3.38
302	1999	772821	1824168	2.50	5.58	3.08
303	1999	775020	1821169	3.00	6.20	3.20
310	1999	758369	1824471	8.16	11.76	3.60
311	1999	759020	1824854	8.42	12.12	3.70
312	1999	759821	1824189	9.85	13.25	3.40
313	1999	775999	1813330	28.58	32.04	3.46
314	1999	773376	1817709	28.86	32.48	3.63
315	1999	790044	1806355	11.68	15.98	4.30
316	1999	775978	1812227	34.17	37.72	3.55
317	1999	767361	1808515	21.26	25.56	4.30
318	1999	757831	1831346	9.24	12.84	3.60
319	1999	758085	1824622	6.64	7.74	1.10
320	1999	761537	1830073	5.78	6.78	1.00
321	1999	790498	1809334	5.89	7.04	1.15
322	1999	796855	1816042	6.06	7.09	1.03
323	1999	798583	1818212	6.04	6.51	0.47
324	1999	763499	1828710	6.11	7.51	1.40
325	1999	758655	1824726	8.30	11.78	3.48
326	1999	801349	1812333	6.02	6.68	0.66
327	1999	770755	1820922	6.02	7.52	1.50
328	1999	755339	1824655	6.00	6.90	0.90
HH10				12.78	15.80	3.02
HH11				12.49	15.55	3.06
HH12				10.70	15.36	4.66
HH13				9.33	14.93	5.60
HH14				10.39	14.86	4.47
HH15				10.29	14.79	4.50
HH16				10.79	14.75	3.96
HH17				10.99	14.66	3.67
HH18				9.96	14.59	4.63
HH19				9.80	14.30	4.50
HH20				10.18	14.28	4.10
HH21				9.37	13.90	4.53
HH22				9.25	13.45	4.20

NO	YEAR	X_	Y_	Elevation	Elevation_inon99	Profondeur_99
HH23				9.60	13.15	3.55
HH24				10.18	12.79	2.61
HH26				7.88	12.59	4.71
HH32				10.22	11.86	1.64
HH9				11.77	16.05	4.28
TH1				17.29	19.33	2.04
TH2				14.83	17.81	2.98
TH3				14.79	17.54	2.75
TH4				14.94	17.44	2.50
TH5				14.25	17.22	2.97
TH6				14.23	17.04	2.82
TH7				14.78	16.97	2.19
TH8				13.17	16.52	3.35

APPENDICE D

LES IMAGES SATELLITAIRES

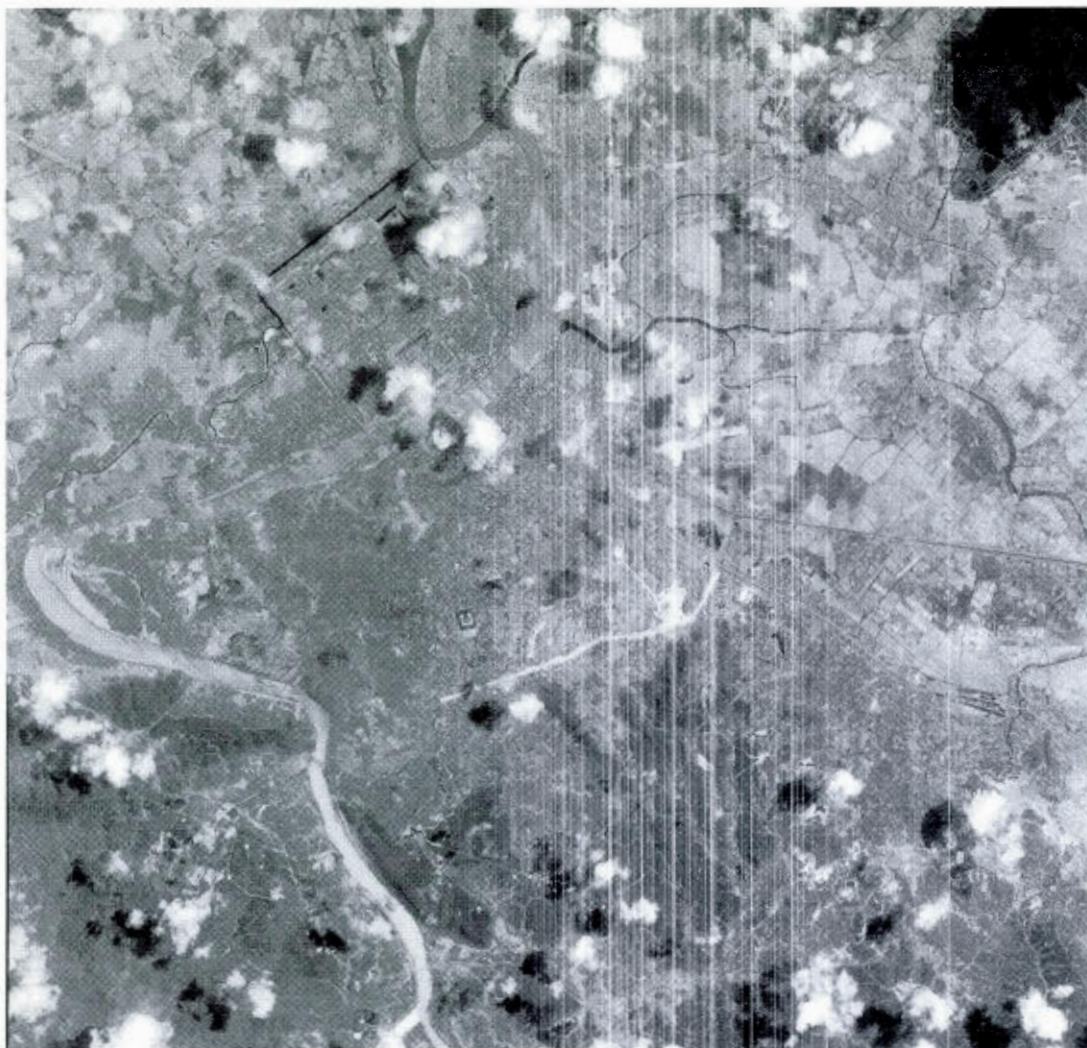


Image EROS-B acquise 15 mars 2004

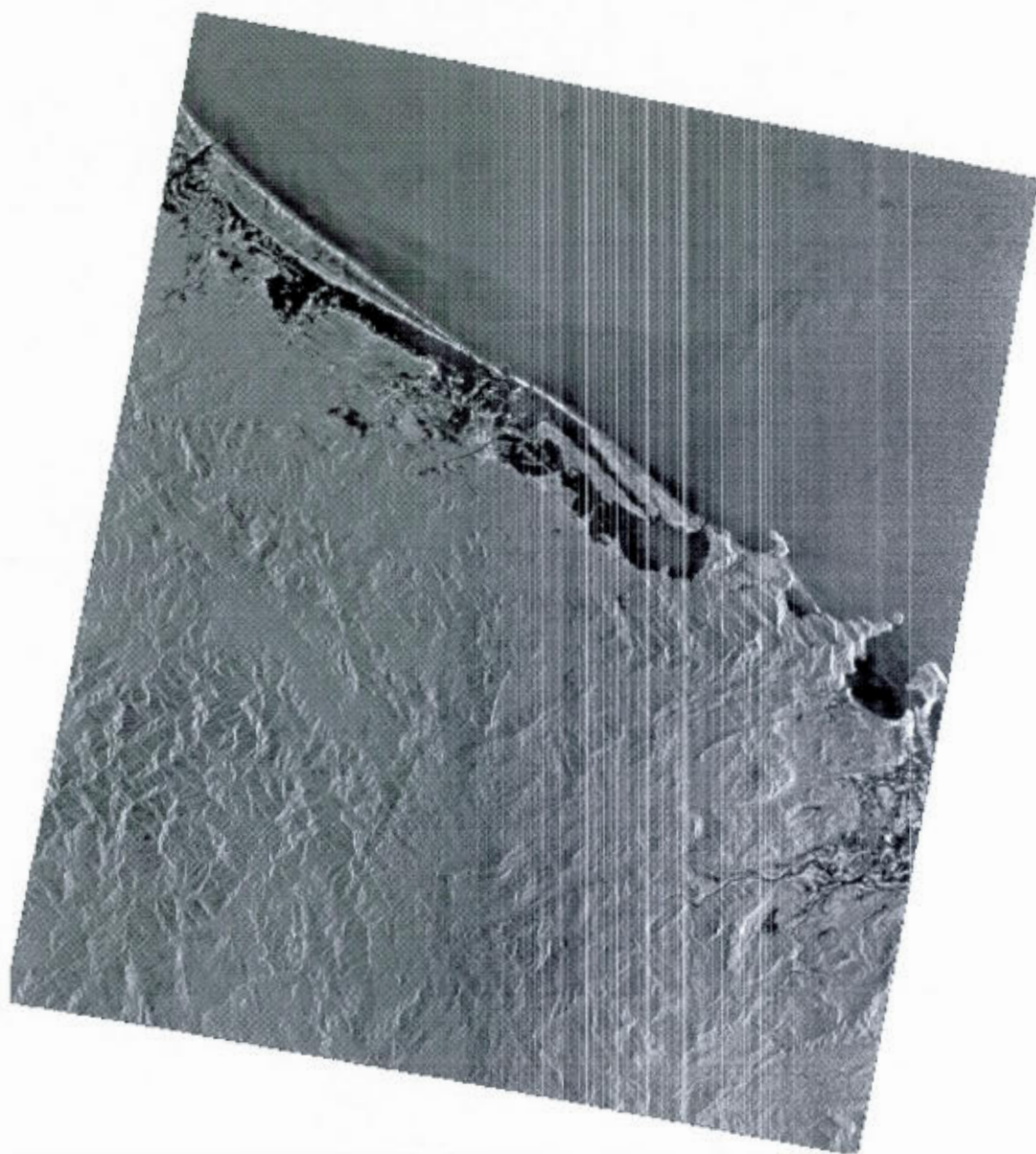


Image RadarSat acquise 4 juillet 1999

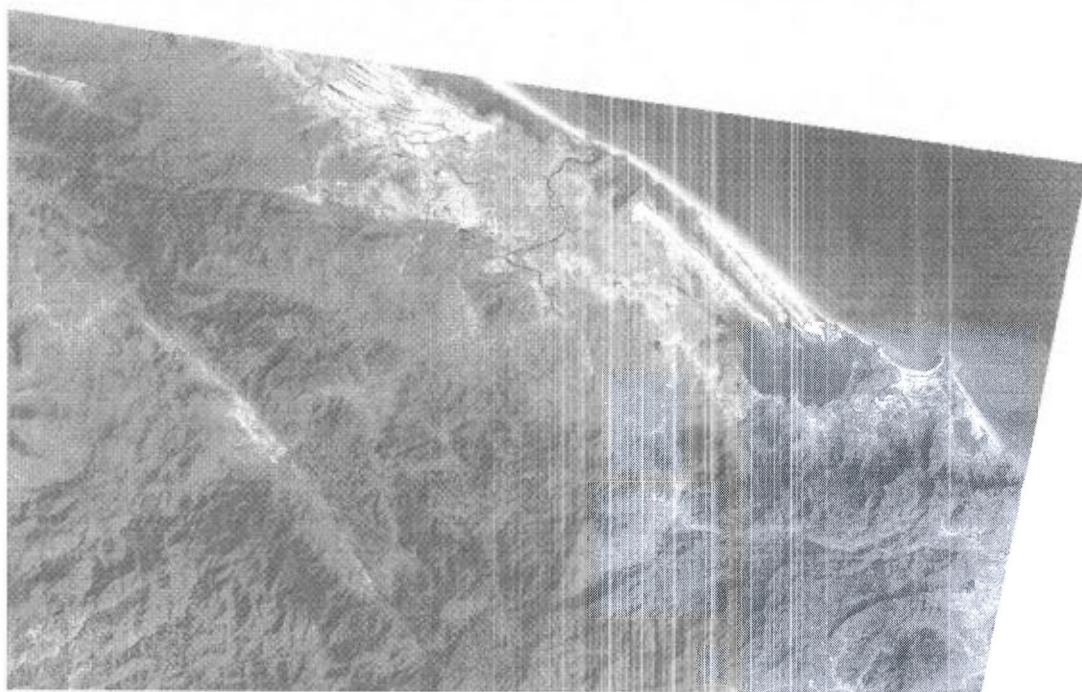


Image Landsat-ETM+ acquise 17 février 1989

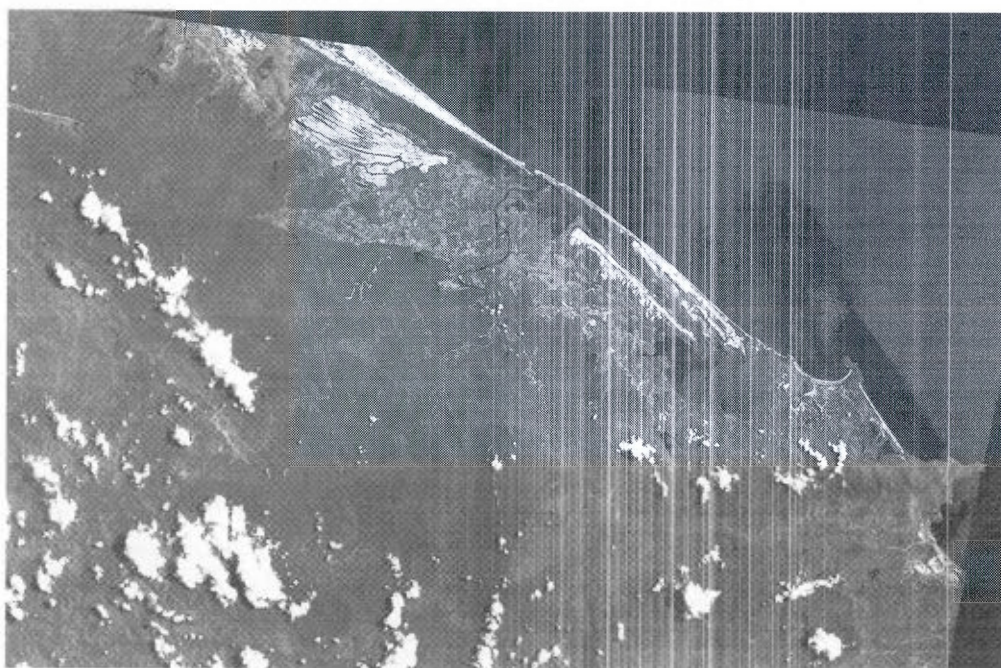


Image Landsat-ETM+ acquise le 2 juin 2001

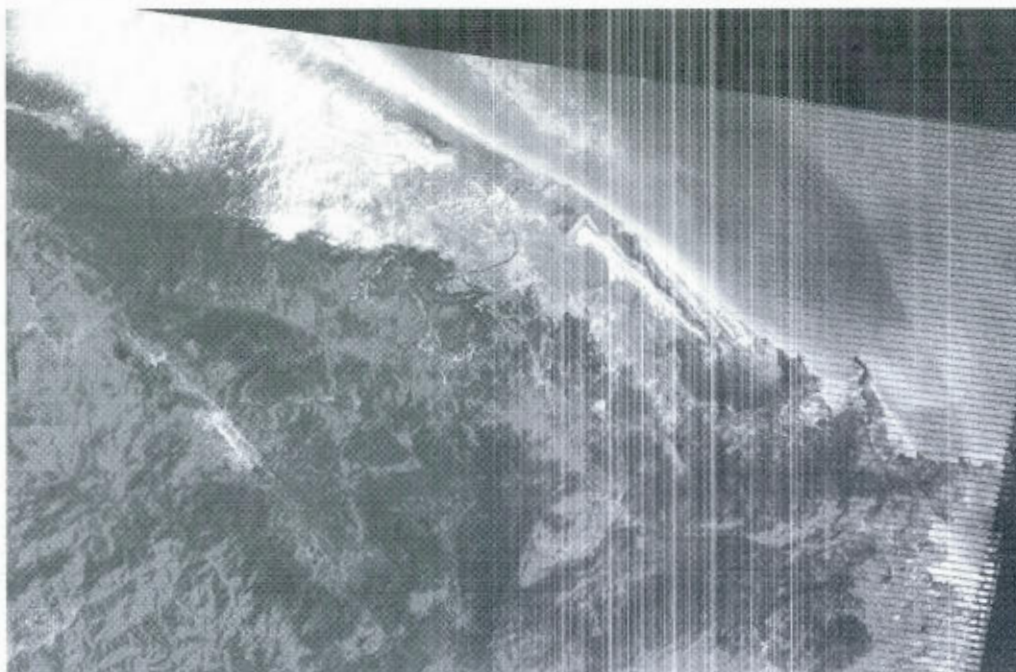
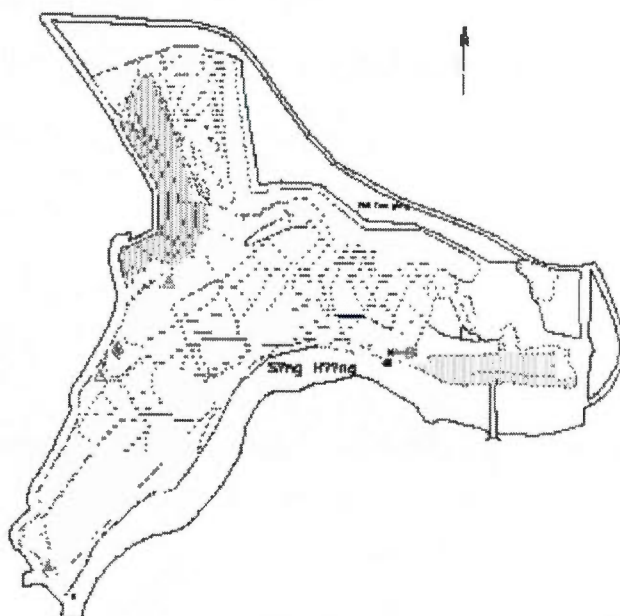


Image Landsat-ETM+ acquise le 9 mars 2005

APPENDICE E

CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA D'INONDATION ET DE L'UTILISATION DU SOL
AUPRÈS DES COMMUNAUTÉS

b?n ?? nguy c? ng?p l?t
 K? H?ng Phong - B?nh ph? Hu?
 T? 12: 1/10.000

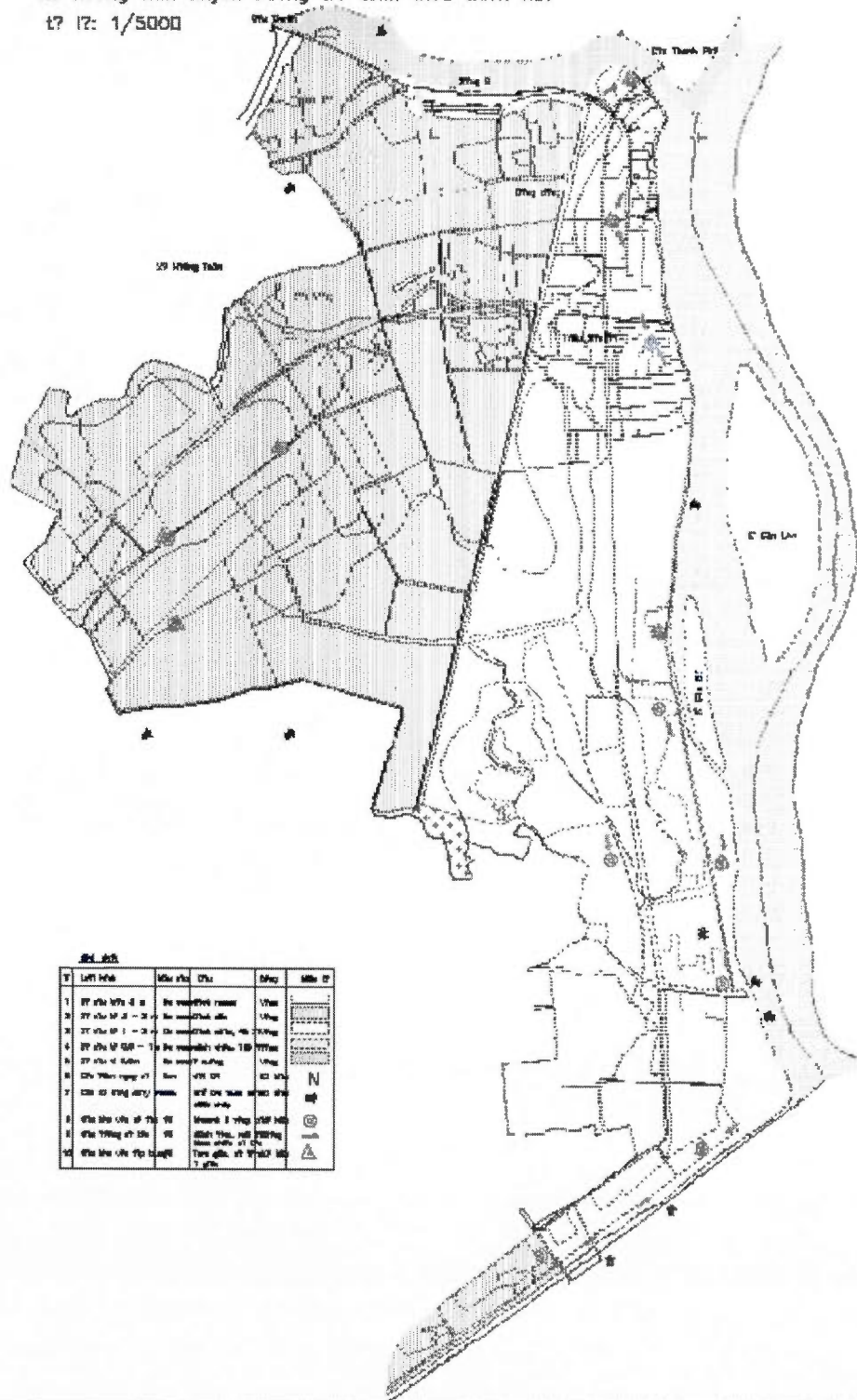


ST	Ch?nh	Th?nh	Th?	Th?	Th?
1	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
2	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
3	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
4	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
5	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
6	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
7	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
8	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
9	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?
10	Th?nh	Th?	Th?	Th?	Th?

b?n ?? nguy c? ng?p l?t

x? h??ng vinh huy?n h??ng tr? t?nh th?a thi?n hu?

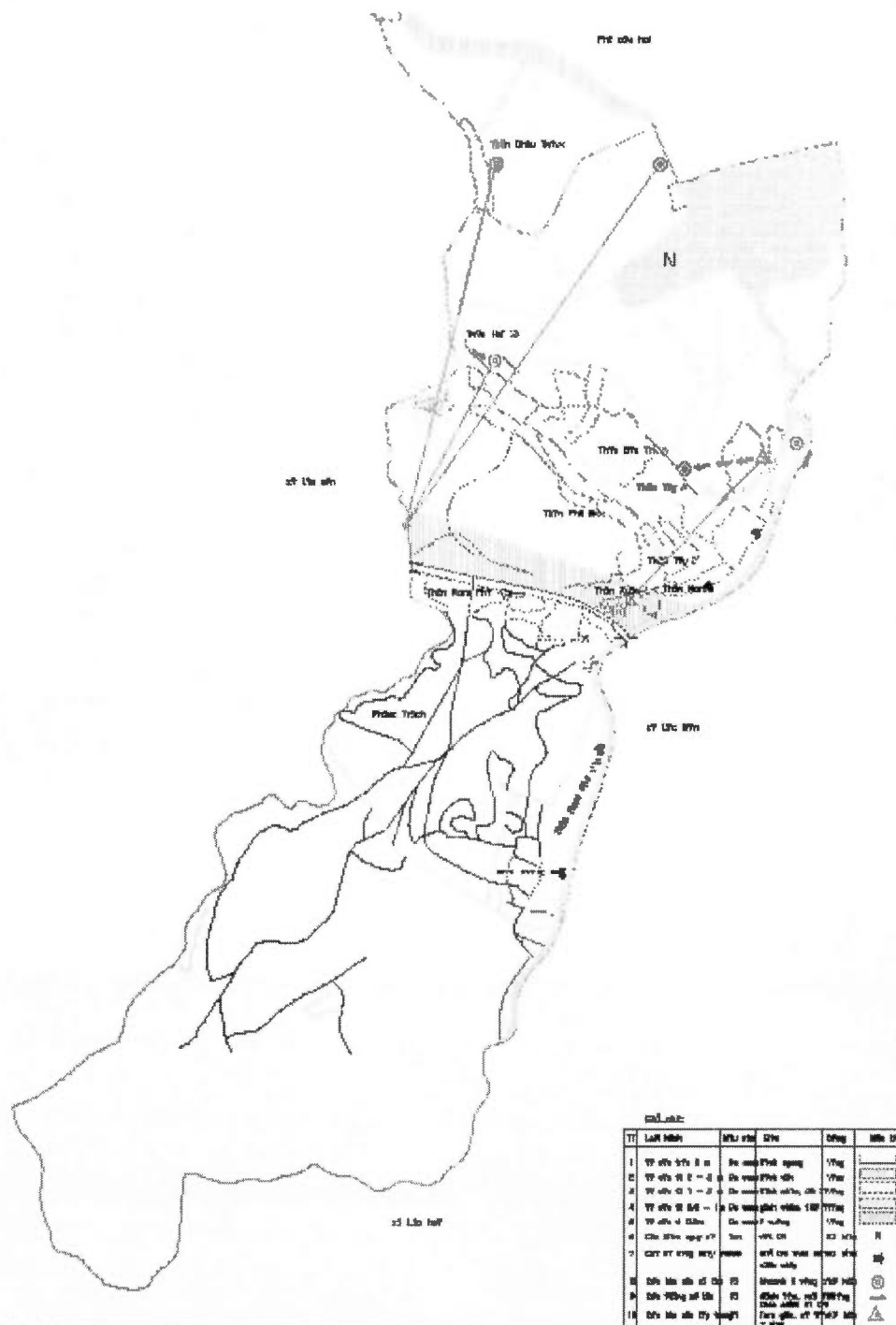
t? l?: 1/5000

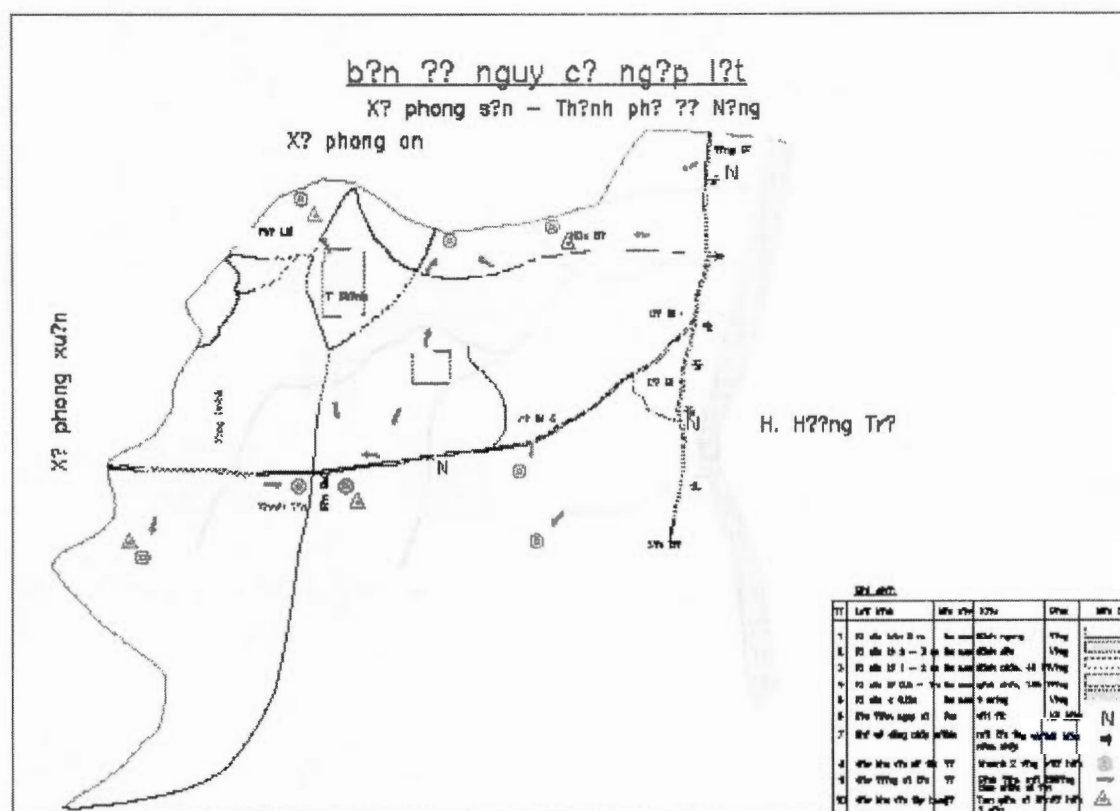


STT	Mô tả	Điểm	Đường	Điểm
1	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường
2	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường
3	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường
4	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường
5	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường
6	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường
7	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường
8	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường
9	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường	Điểm đầu tiên của đường
10	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường	Điểm cuối cùng của đường

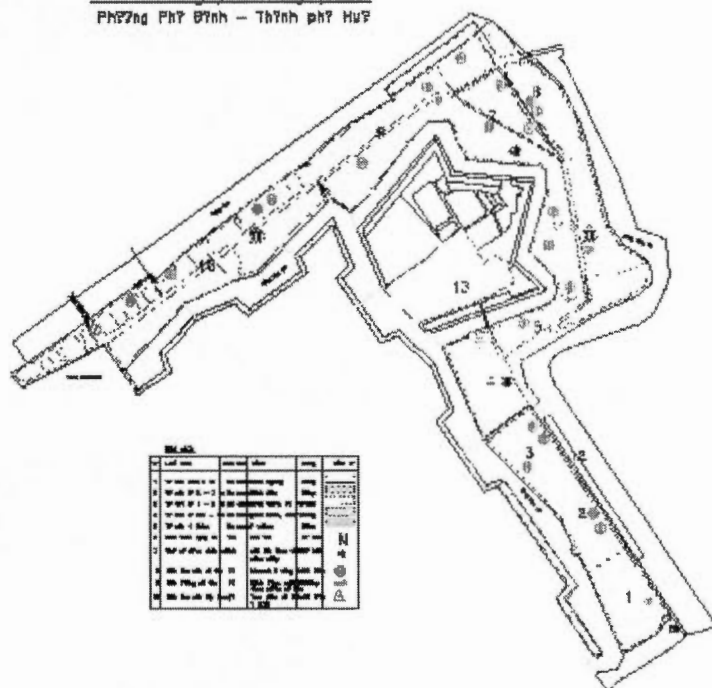
b?n ?? nguy c? ng?p l?t

K? l?c an - huy?n ph? l?c - t?nh th?a thi?n hu?





b?n ?? nguy c? ng?p l?i
 Ph?ng Ph? B?nh - Th?nh ph? Hu?

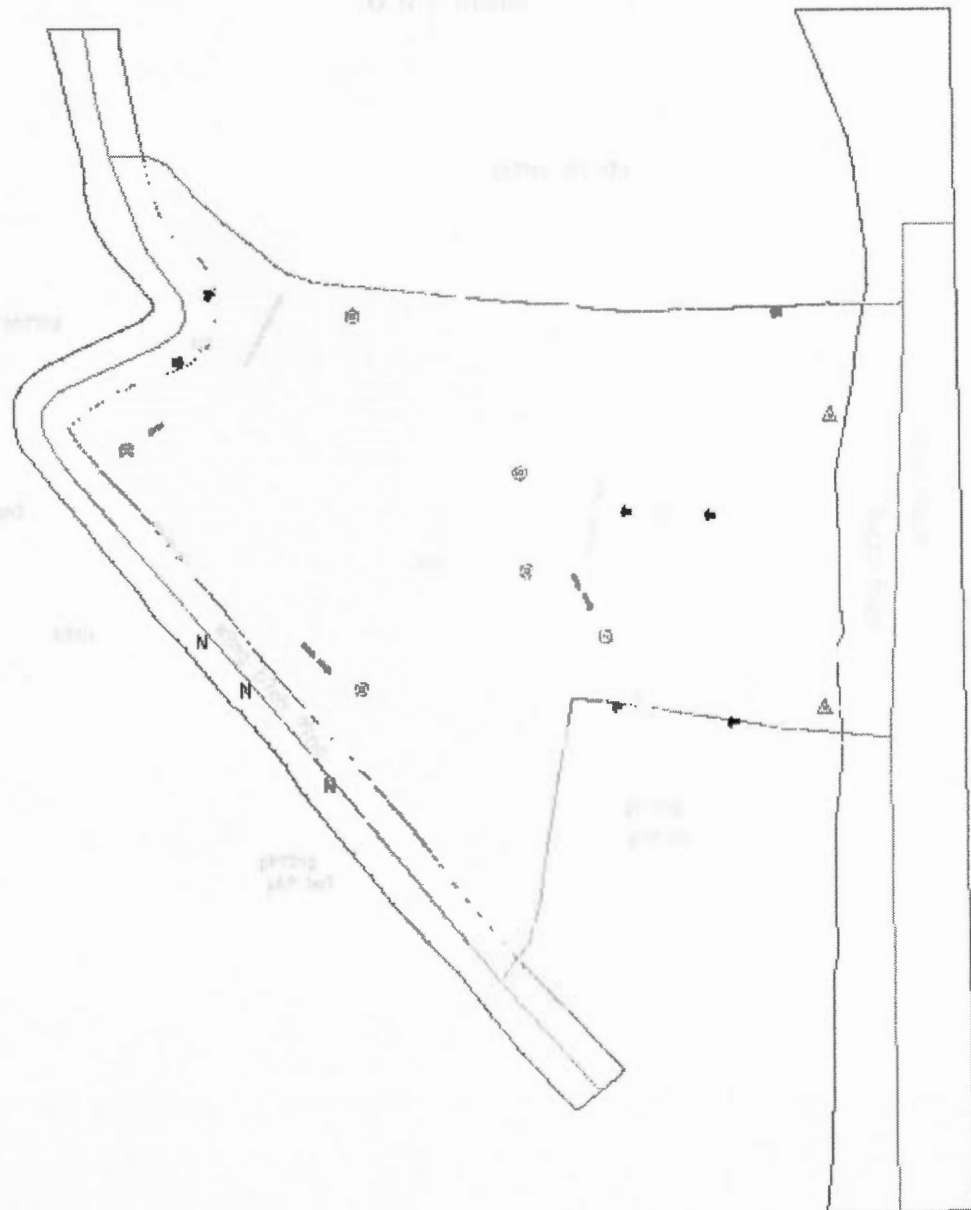


Bi?n Gi?i

Bi?n Gi?i	Bi?n Gi?i	Bi?n Gi?i	Bi?n Gi?i	Bi?n Gi?i
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

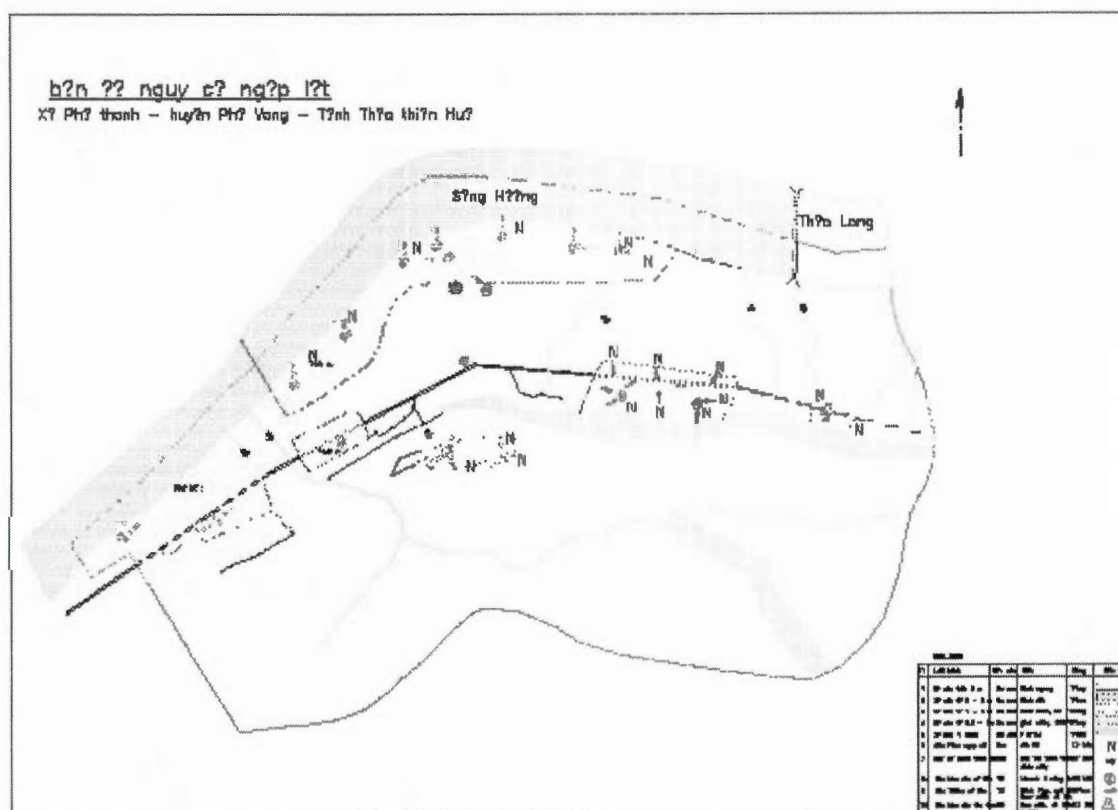
N
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

b?n ?? nguy c? ng?p l?t
Ph?ng ph? hi?p - Th?nh ph? Hu?



Chú thích

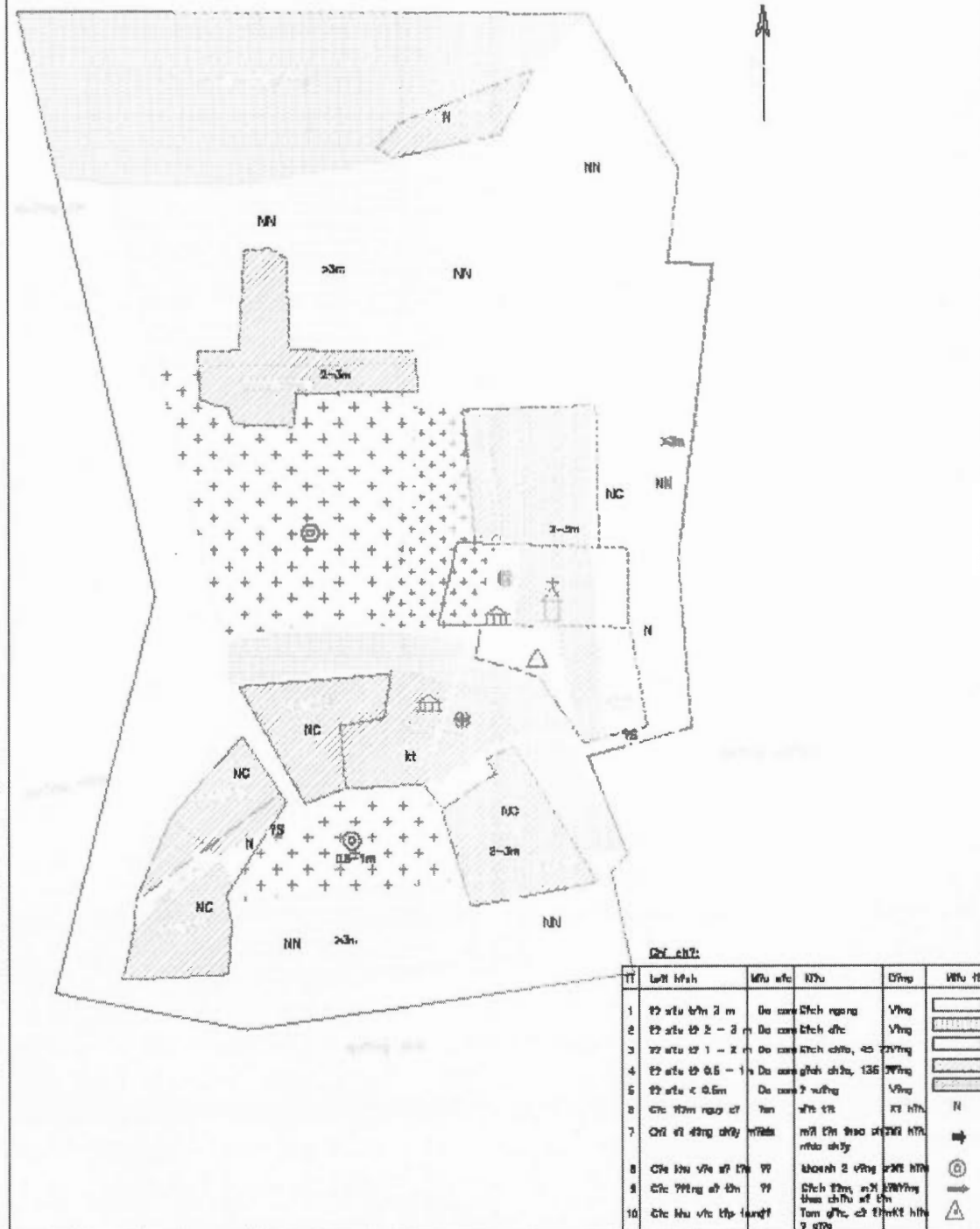
TT	Biểu tượng	Nội dung	Đơn vị	Biểu tượng
1		Sông, suối, kênh, rạch	Đường	
2		Biên giới, ranh giới	Đường	
3		Biên giới, ranh giới	Đường	
4		Biên giới, ranh giới	Đường	
5		Biên giới, ranh giới	Đường	
6		Biên giới, ranh giới	Đường	
7		Biên giới, ranh giới	Đường	
8		Biên giới, ranh giới	Đường	
9		Biên giới, ranh giới	Đường	
10		Biên giới, ranh giới	Đường	
11		Biên giới, ranh giới	Đường	

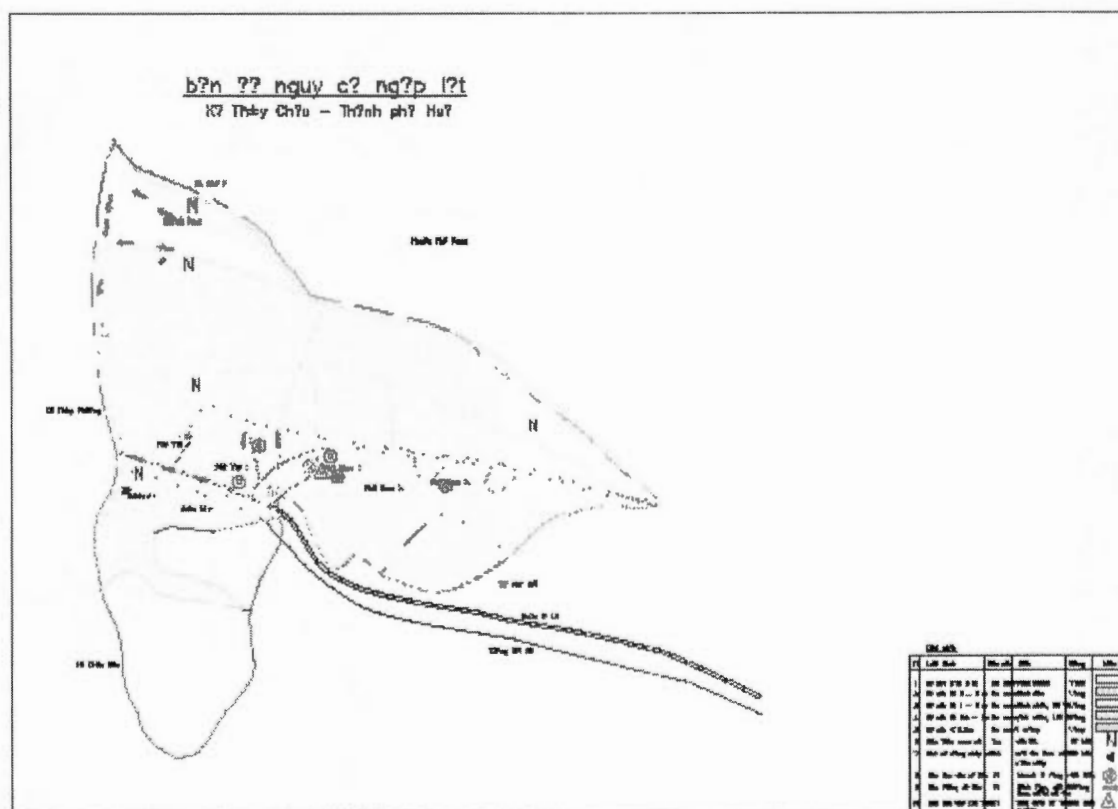


b?n ?? nguy c? ng?p l?t

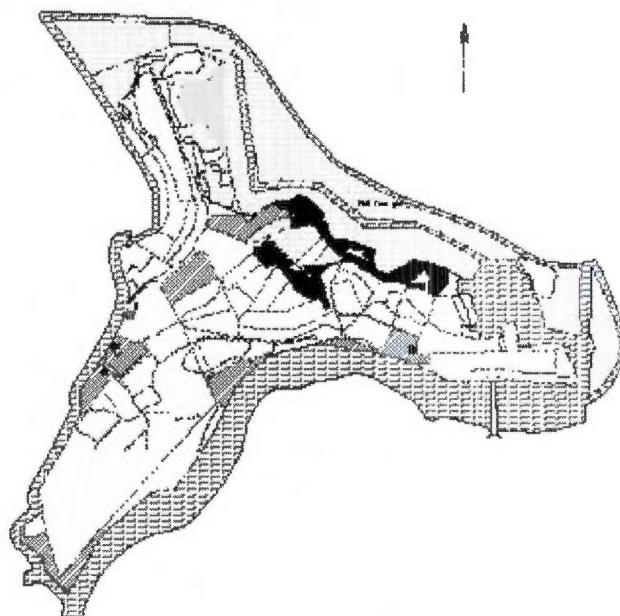
Th? Tr?n S?a - Th?nh ph? Hu?

t? l? : 1/1.500





bản đồ kinh tế xã hội
 Xã Hưng Phong - Thành phố Huế
 Tỷ lệ 1/10.000

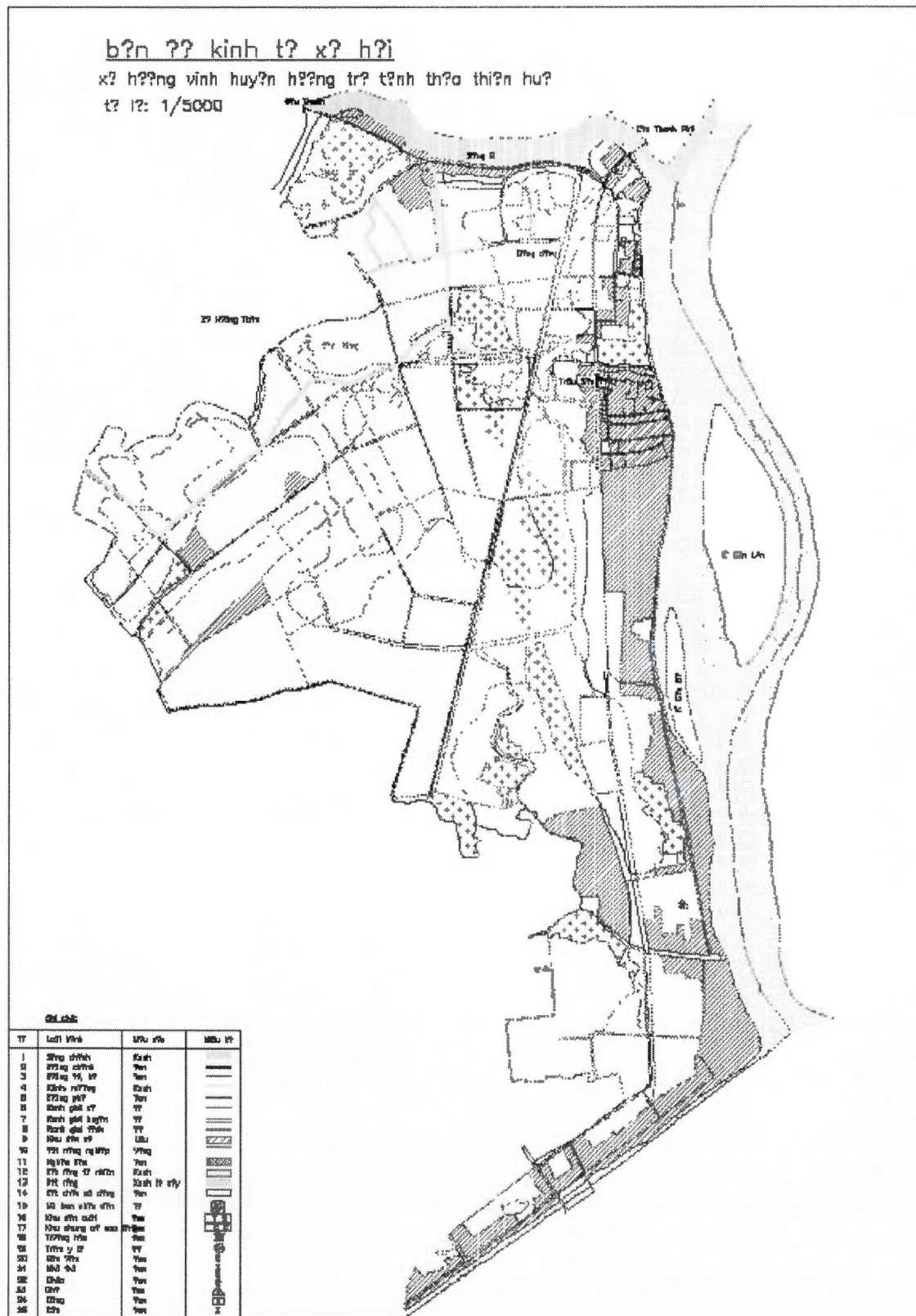


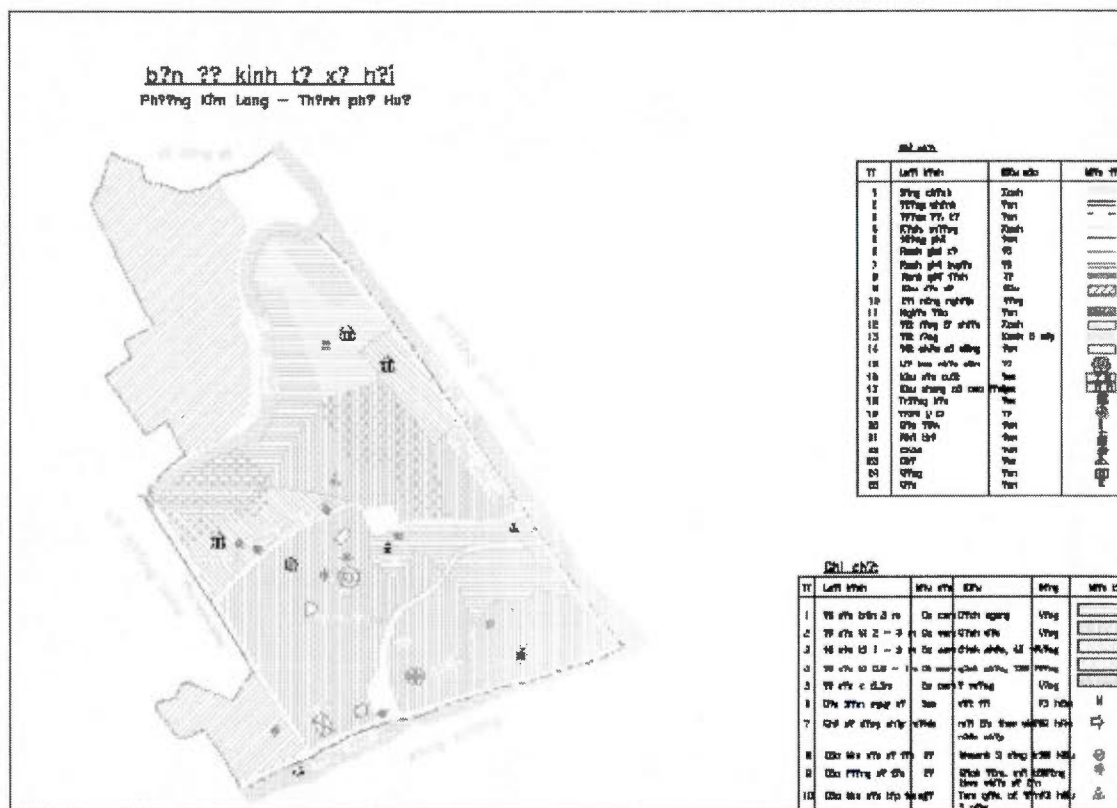
Bảng chú giải			
STT	Mô tả	Biểu tượng	Đơn vị
1	Đường quốc lộ	—	km
2	Đường tỉnh	—	km
3	Đường xã	—	km
4	Đường trường	—	km
5	Đường làng	—	km
6	Đường sông	—	km
7	Đường kênh	—	km
8	Đường cầu	—	km
9	Đường hầm	—	km
10	Đường biển	—	km
11	Đường núi	—	km
12	Đường rừng	—	km
13	Đường đồng	—	km
14	Đường ruộng	—	km
15	Đường vườn	—	km
16	Đường ao	—	km
17	Đường hồ	—	km
18	Đường biển	—	km
19	Đường sông	—	km
20	Đường kênh	—	km
21	Đường cầu	—	km
22	Đường hầm	—	km
23	Đường biển	—	km
24	Đường sông	—	km
25	Đường kênh	—	km
26	Đường cầu	—	km
27	Đường hầm	—	km
28	Đường biển	—	km
29	Đường sông	—	km
30	Đường kênh	—	km

bản ?? kinh t? x? h?

x? h??ng vinh huy?n h??ng tr? t?nh th?o thi?n hu?

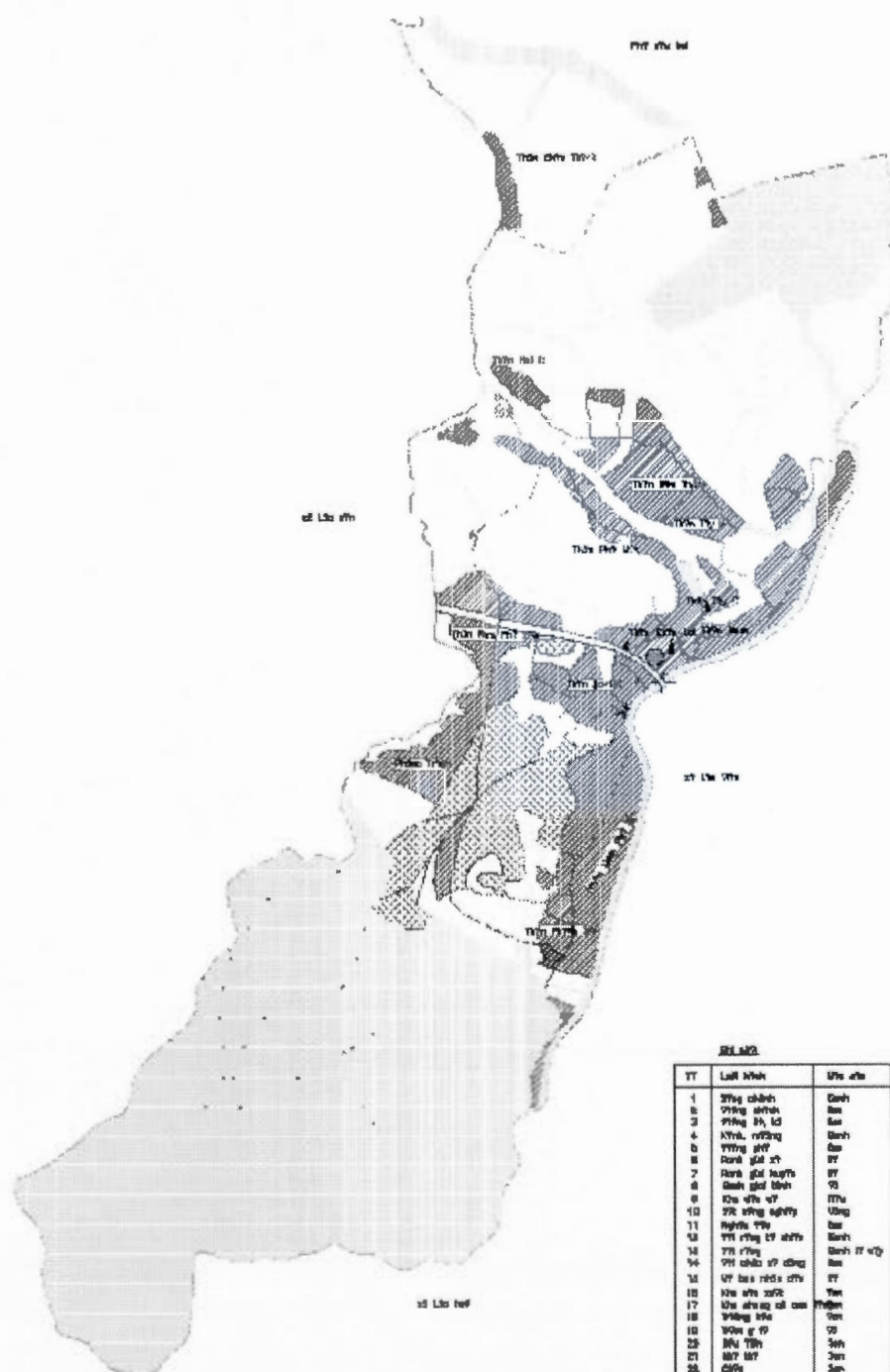
t? 1: 1/5000

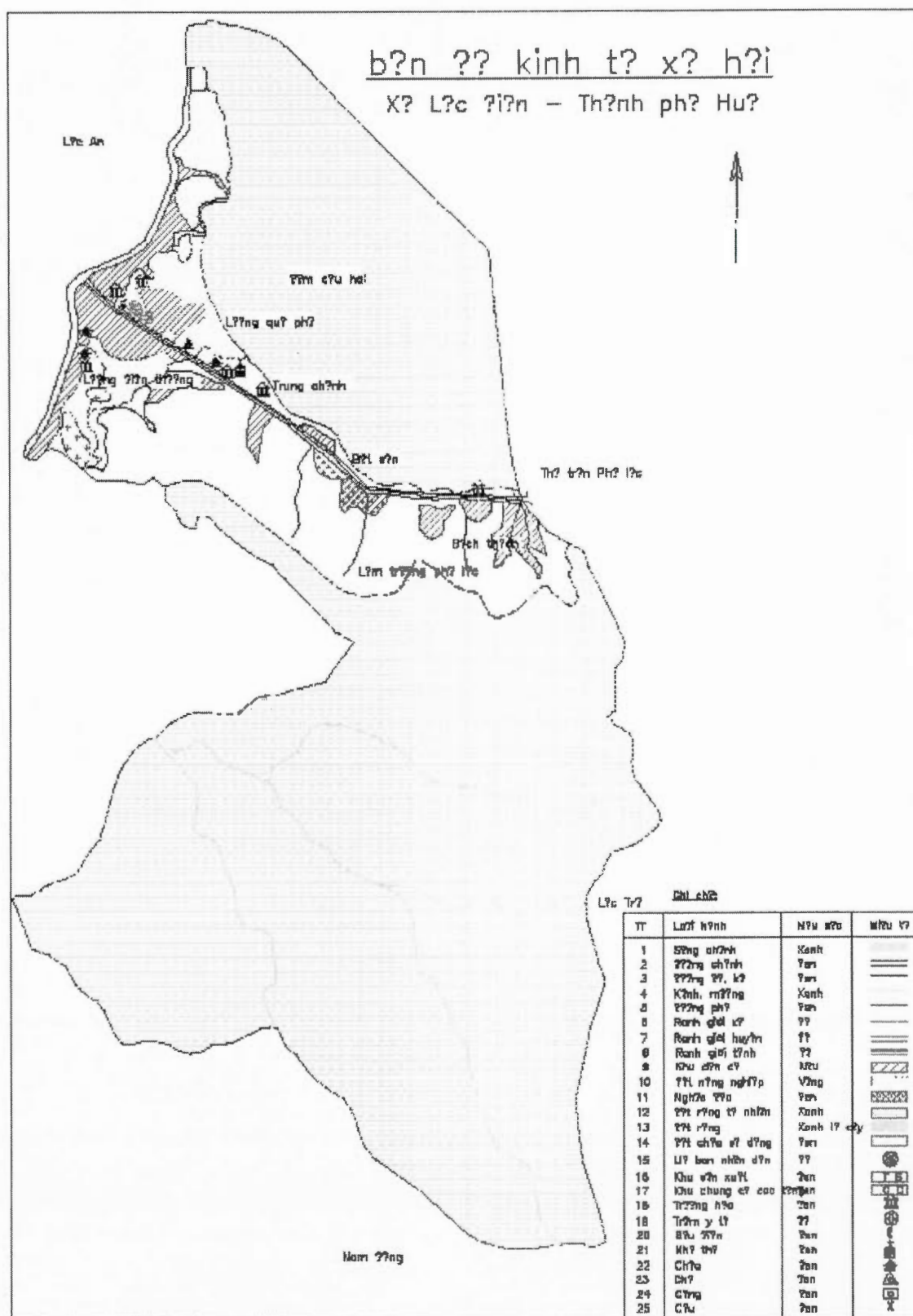




bản đồ kinh tế xã hội

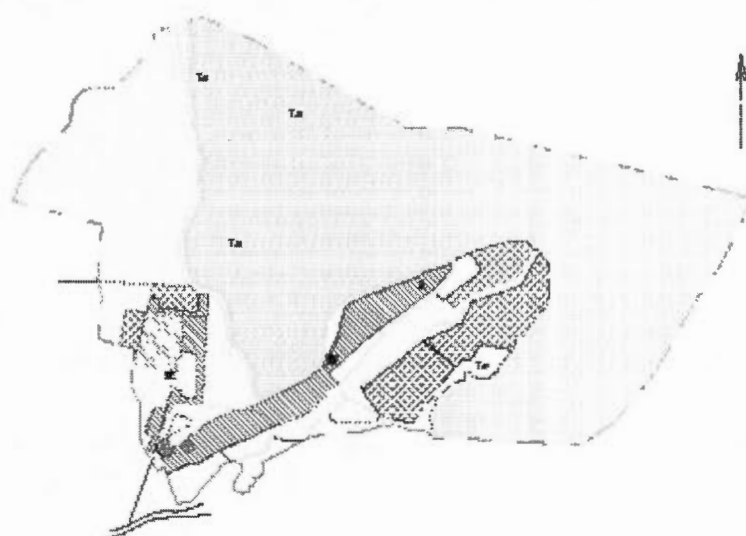
Xét các an - huyện phố các - tỉnh thành thị xã huyện





bản ?? kinh tế xã hội & Ngập lụt

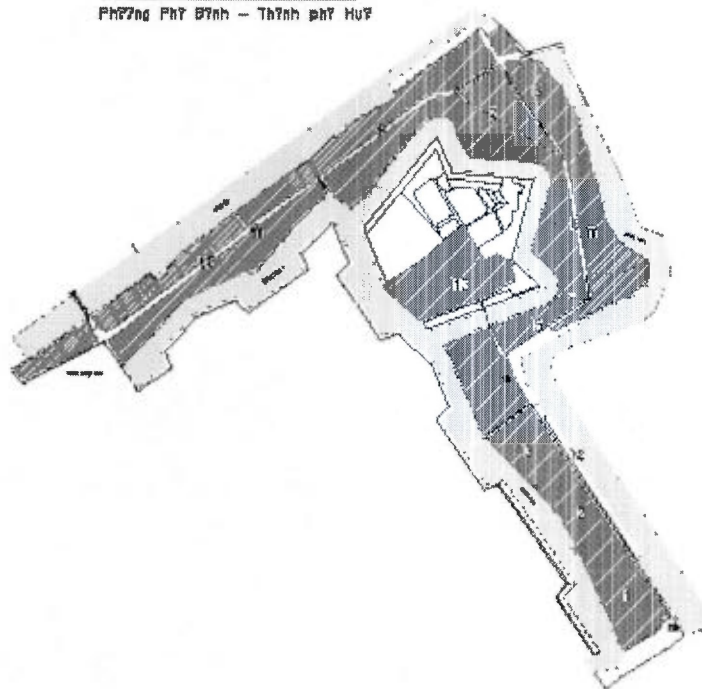
X? Ph? An - Huy?n ph? v?ng - T?nh th?o thi?n hu?



Chú thích

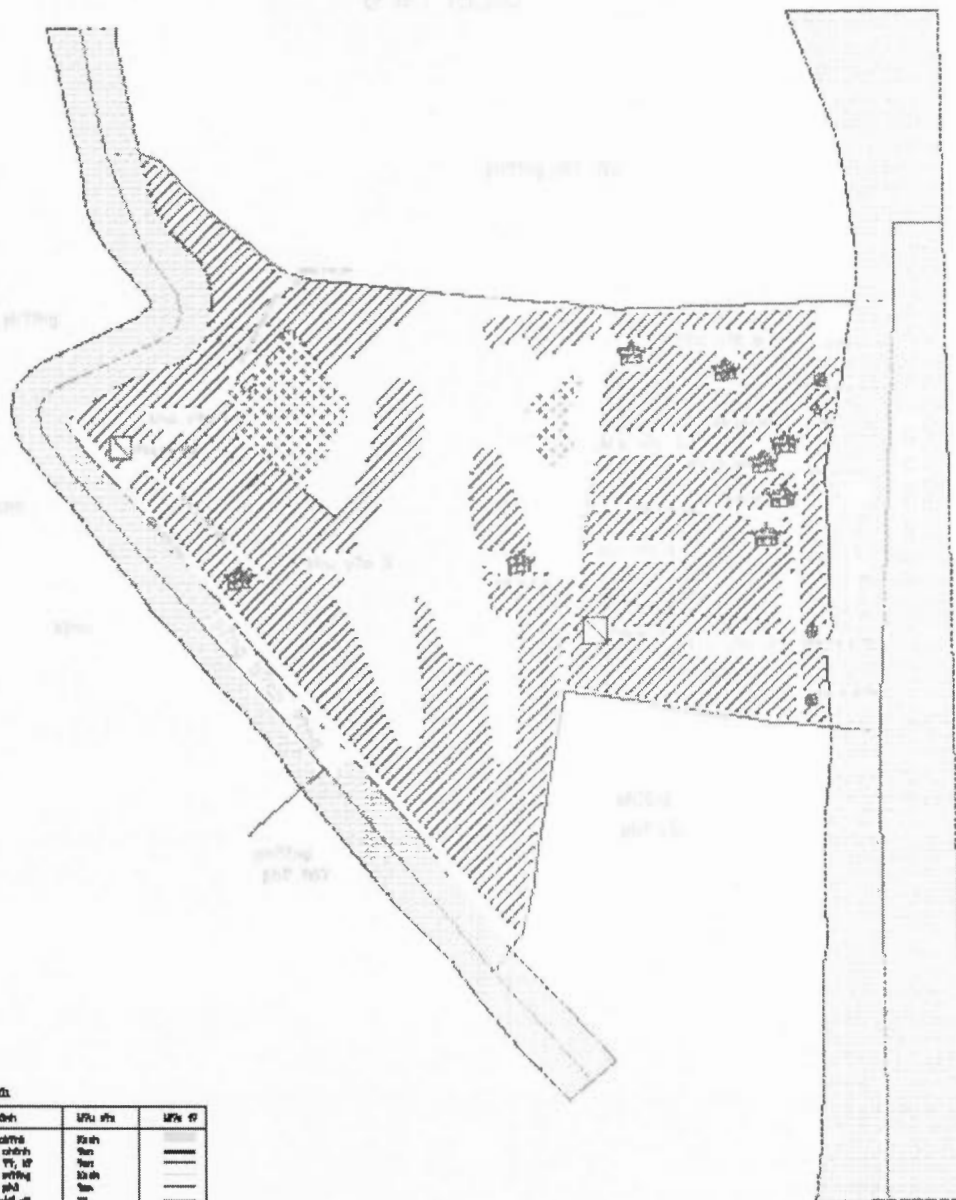
ST	Lưu ý	Màu	Màu
1	Đường quốc lộ	Đường	
2	Đường tỉnh lộ	Đường	
3	Đường xã lộ	Đường	
4	Đường huyện lộ	Đường	
5	Đường phân	Đường	
6	Đường phân	Đường	
7	Đường phân	Đường	
8	Đường phân	Đường	
9	Đường phân	Đường	
10	Đường phân	Đường	
11	Đường phân	Đường	
12	Đường phân	Đường	
13	Đường phân	Đường	
14	Đường phân	Đường	
15	Đường phân	Đường	
16	Đường phân	Đường	
17	Đường phân	Đường	
18	Đường phân	Đường	
19	Đường phân	Đường	
20	Đường phân	Đường	
21	Đường phân	Đường	
22	Đường phân	Đường	
23	Đường phân	Đường	
24	Đường phân	Đường	
25	Đường phân	Đường	

bản đồ kinh tế xã hội
Phước Mỹ Bình - Thành Phố Huế



ST	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
1	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
2	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
3	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
4	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
5	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
6	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
7	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
8	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
9	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
10	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
11	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
12	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
13	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
14	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
15	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
16	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
17	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
18	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
19	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
20	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
21	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
22	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
23	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
24	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
25	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
26	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
27	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
28	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
29	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
30	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
31	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
32	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
33	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
34	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
35	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
36	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
37	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
38	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
39	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
40	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
41	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
42	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
43	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
44	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
45	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
46	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
47	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
48	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
49	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ
50	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ	ĐƠN VỊ

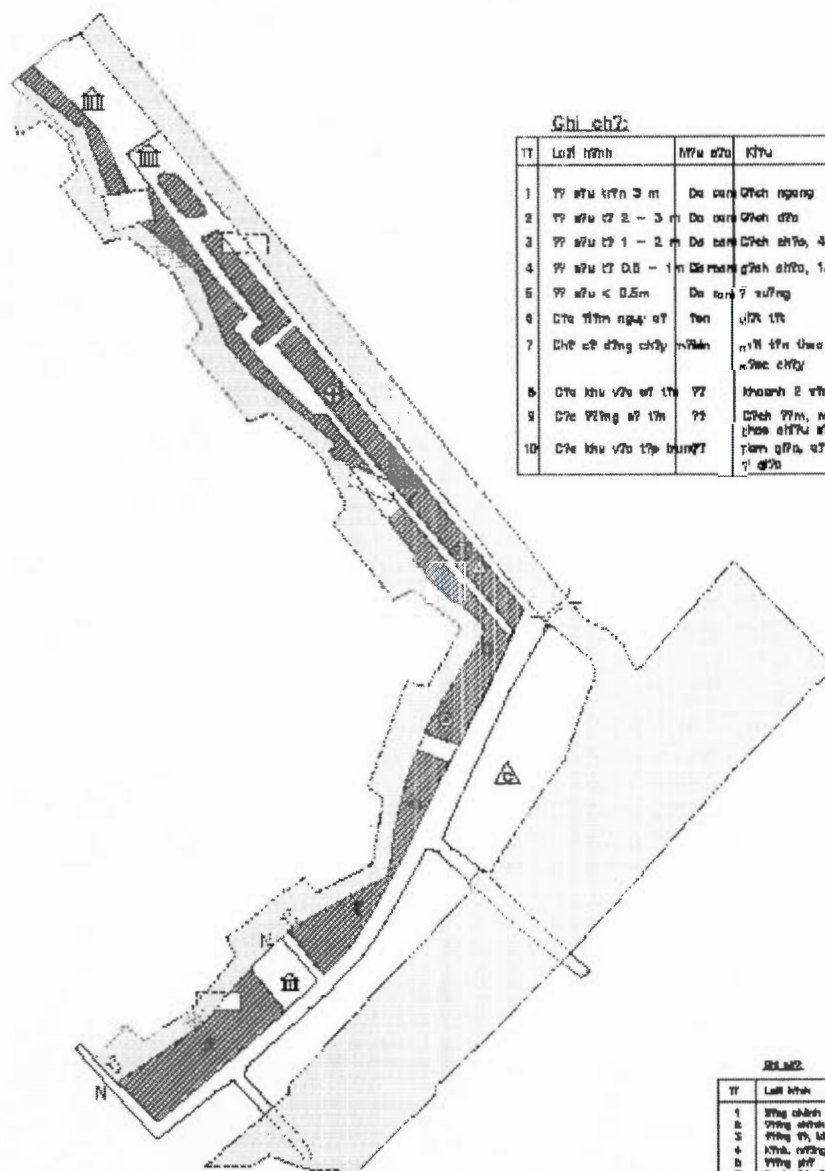
bản ?? kinh tế xã hội
Phong phú hợp - Thành phố Huế



Định nghĩa

TT	Lưu ý	Màu sắc	Màu vẽ
1	Đường bờ biển	Đỏ	—
2	Đường bờ biển	Đỏ	—
3	Đường bờ biển	Đỏ	—
4	Đường bờ biển	Đỏ	—
5	Đường bờ biển	Đỏ	—
6	Đường bờ biển	Đỏ	—
7	Đường bờ biển	Đỏ	—
8	Đường bờ biển	Đỏ	—
9	Đường bờ biển	Đỏ	—
10	Đường bờ biển	Đỏ	—
11	Đường bờ biển	Đỏ	—
12	Đường bờ biển	Đỏ	—
13	Đường bờ biển	Đỏ	—
14	Đường bờ biển	Đỏ	—
15	Đường bờ biển	Đỏ	—
16	Đường bờ biển	Đỏ	—
17	Đường bờ biển	Đỏ	—
18	Đường bờ biển	Đỏ	—
19	Đường bờ biển	Đỏ	—
20	Đường bờ biển	Đỏ	—
21	Đường bờ biển	Đỏ	—
22	Đường bờ biển	Đỏ	—
23	Đường bờ biển	Đỏ	—
24	Đường bờ biển	Đỏ	—
25	Đường bờ biển	Đỏ	—

b?n ?? nguy c? ng?p l?t
Ph??ng Ph? Ho? — Th?nh Ph? Hu?

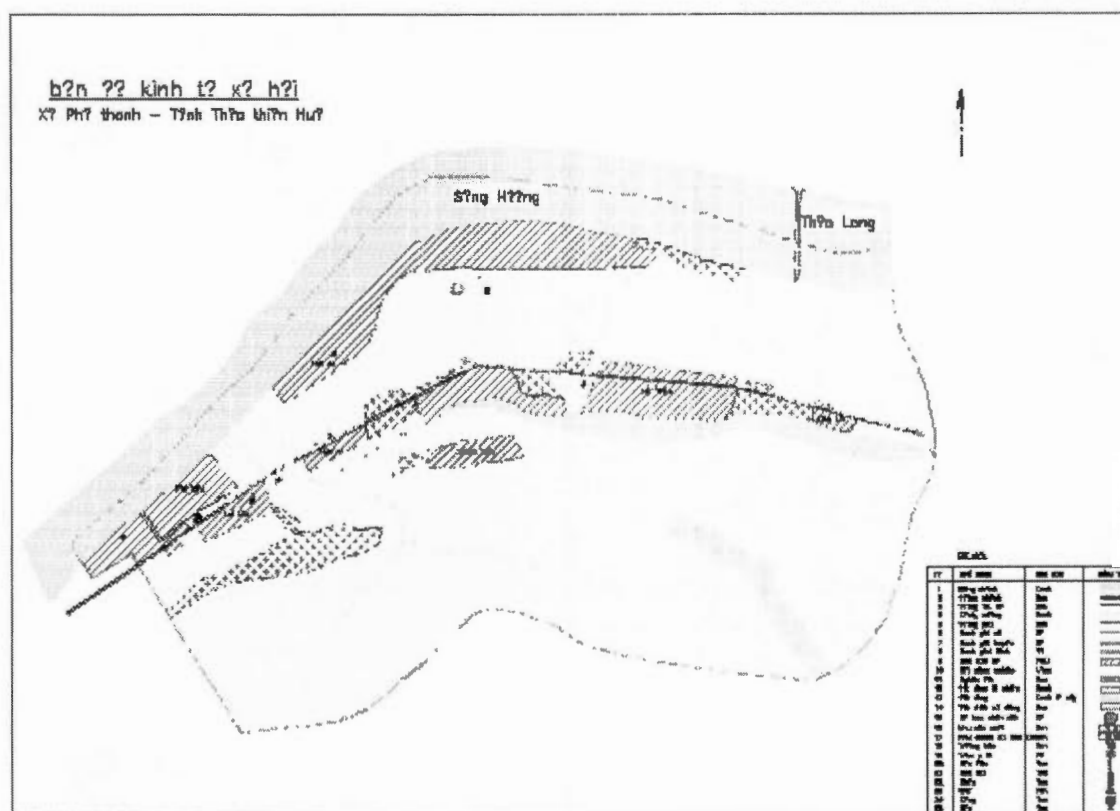


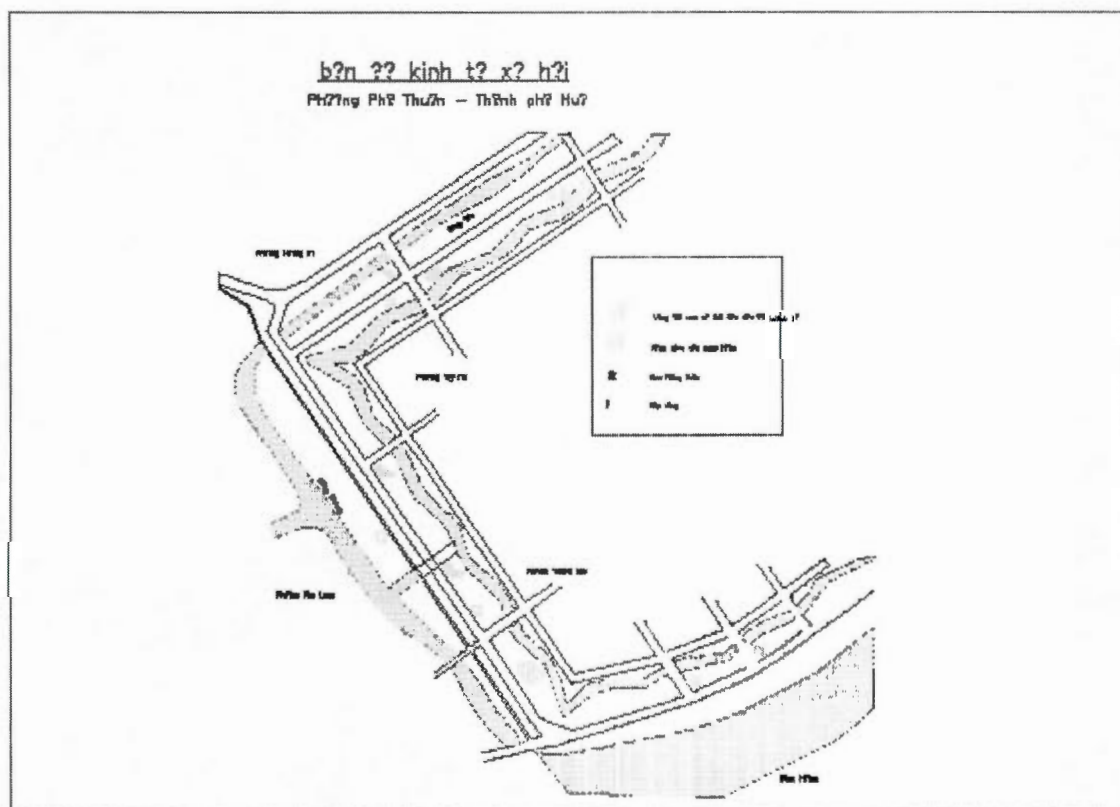
Chi s? 2:

TT	L?i h?nh	M?u s?o	K?u	D?ng	M?u v?
1	V? s?u t?n 3 m	Du c?n g?ch ng?ng	V?ng		
2	V? s?u t? 2 - 3 m	Du c?n g?ch d?o	V?ng		
3	V? s?u t? 1 - 2 m	Du c?n g?ch s?o, 45	V?ng		
4	V? s?u t? 0.8 - 1 m	Du c?n g?ch s?o, 1.35	V?ng		
5	V? s?u < 0.5m	Du c?n ? s?ng	V?ng		
6	D?c t?n ng?y a?	T?n	V?ng		N
7	D?c t?n ng?y a?	T?n	V?ng		
8	D?c khu v?o a? t?n	T?n	V?ng		
9	D?c v?ng a? t?n	T?n	V?ng		
10	D?c khu v?o t?p b?n?	T?n	V?ng		

Chi s? 2:

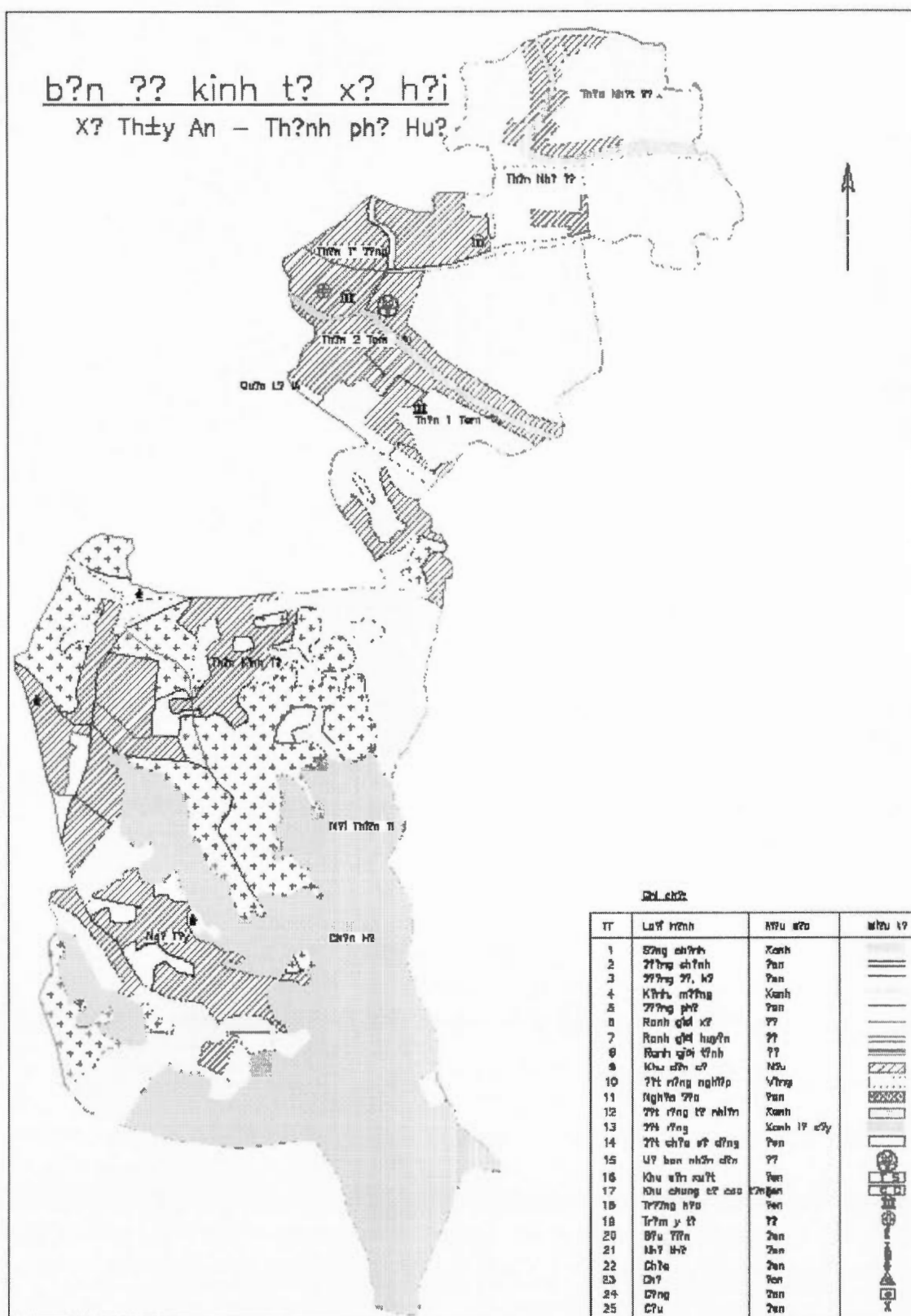
TT	L?i h?nh	M?u s?o	M?u v?
1	V?ng ch?nh	20m	
2	V?ng ch?nh	40m	
3	V?ng 10, 15	60m	
4	V?ng 10, 15	80m	
5	V?ng 10, 15	100m	
6	V?ng 10, 15	120m	
7	V?ng 10, 15	140m	
8	V?ng 10, 15	160m	
9	V?ng 10, 15	180m	
10	V?ng 10, 15	200m	
11	V?ng 10, 15	220m	
12	V?ng 10, 15	240m	
13	V?ng 10, 15	260m	
14	V?ng 10, 15	280m	
15	V?ng 10, 15	300m	
16	V?ng 10, 15	320m	
17	V?ng 10, 15	340m	
18	V?ng 10, 15	360m	
19	V?ng 10, 15	380m	
20	V?ng 10, 15	400m	
21	V?ng 10, 15	420m	
22	V?ng 10, 15	440m	
23	V?ng 10, 15	460m	
24	V?ng 10, 15	480m	
25	V?ng 10, 15	500m	



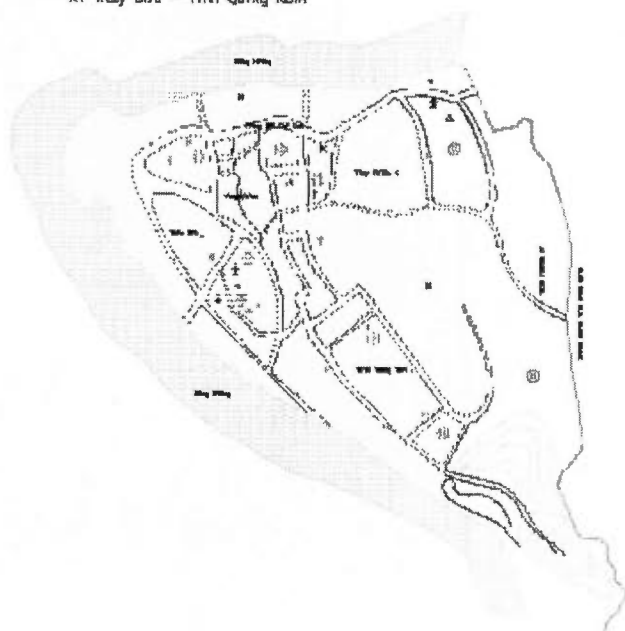


bản ?? kinh tế xã hội

X? Th?y An - Th?nh ph? Hu?



bản ?? kinh ?? x? h?i & Ng?p ??t
 X? Th?y B?u - T?nh Qu?ng Nam



Bảng chú thích	
1	Thị trấn A
2	Thị trấn B
3	Thị trấn C
4	Thị trấn D
5	Thị trấn E
6	Thị trấn F
7	Thị trấn G
8	Thị trấn H
9	Thị trấn I
10	Thị trấn J
11	Thị trấn K
12	Thị trấn L
13	Thị trấn M
14	Thị trấn N
15	Thị trấn O
16	Thị trấn P
17	Thị trấn Q
18	Thị trấn R
19	Thị trấn S
20	Thị trấn T
21	Thị trấn U
22	Thị trấn V
23	Thị trấn W
24	Thị trấn X
25	Thị trấn Y
26	Thị trấn Z

Bảng chú thích	
1	Thị trấn A
2	Thị trấn B
3	Thị trấn C
4	Thị trấn D
5	Thị trấn E
6	Thị trấn F
7	Thị trấn G
8	Thị trấn H
9	Thị trấn I
10	Thị trấn J
11	Thị trấn K
12	Thị trấn L
13	Thị trấn M
14	Thị trấn N
15	Thị trấn O
16	Thị trấn P
17	Thị trấn Q
18	Thị trấn R
19	Thị trấn S
20	Thị trấn T
21	Thị trấn U
22	Thị trấn V
23	Thị trấn W
24	Thị trấn X
25	Thị trấn Y
26	Thị trấn Z

BIBLIOGRAPHIE

Aalst, M. v. and I. Burton (2002). The Last Straw: Integrating Natural Disaster Mitigation with Environmental Management. Disaster risk Management Working Paper. 5. Washington, DC., The World Bank: 59.

Abarquez, I. and Z. Murshed (2004). So Tay: Quan ly rui ro tham hoa dua vao cong dong (Hand book for Disaster Management by Community Participation), ADPC.

ACÉE (1999). Évaluation environnementale stratégique, La directive du Cabinet de 1999 sur l'évaluation environnementale des projets de politiques, de plans et de programmes, Lignes directrices sur la mise en oeuvre de la directive du Cabinet. A. c. d. é. environnementale, Sa Majesté la Reine du Chef du Canada – 2000. **No de catalogue EN21-190/2000.**

Adger, W. N. (1999) Social Vulnerability to Climate Change and Extrêmes in Coastal Vietnam. World Development **27**, 249-269 DOI: 10.1016/S0305-750X(98)00136-3

Adomokai, R. and W. R. Sheate (2004). "Community participation and environmental decision-making in the Niger Delta." Environmental Impact Assessment Review **24**: 495-518.

ADPC (2003). The role of local institutions in reducing vulnerability to reccurent natural disasters and in sustainable livelihoods development. Case study: Vietnam, Food and Agriculture Organization (FAO), Asian Disaster Preparedness Center (ADPC): 77.

Affeltranger, B. and F. Lasserre (2003). "La gestion par bassin versant: du principe écologique à la contrainte politique - le cas du Mékong." VertigO - la revue en sciences de l'environnement sur le WEB **Vol 4 No3**.

Alkema, D. (2001). "Flood risk assessment for EIA; an example of a motorway near Trento, Italy." Studi Trentini di Scienze Naturali – Acta Geologica **78**: 147-153.

- Aronoff, S. (2005). Remote Sensing for GIS Managers. Redlands, California, ESRI Press.
- Baker, C. and J. Elso (2006). Sustainable Flood Management: Obstacles, challenges and solutions, FLAPP (Flood Awareness & Prevention Policy in border areas).
- Barcellos, C. and P. C. Sabroza (2001). "The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro." Cadernos de Saúde Pública **17**.
- Beedasy, J. and D. Whyatt (1999). "Diverting the tourists : a spatial decision-support system for tourism planning on a developing island." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation **1**(3-4): 163-174.
- Benito, G., T. B. M. J. Ouarda, et al. (2005). "Application of palaeoflood hydrology and historical data in flood risk analysis." Journal of Hydrology **313**(1-2): 1-12.
- Birkmann, J., S. Krings, et al. (2008). Assessment of Vulnerability to Floods at Local Level With a Special Focus on Human-Environmental Systems and Critical Infrastructures. Proceedings of the 4th International Symposium on Flood Defence, Toronto, Ontario.
- Blaikie, P., T. Cannon, et al. (1994). At Risk, Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. London and New York, Routledge.
- Blazkova, S. and K. Beven (2004). "Flood frequency estimation by continuous simulation of subcatchment rainfalls and discharges with the aim of improving dam safety assessment in a large basin in the Czech Republic." Journal of Hydrology **292**(1-4): 153-172.
- Bonn, F. and R. Dixon (2005). "Monitoring flood extent and forecasting excess runoff risk with Radarsat-1 data." Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards **35**(3): 377-393.
- Bonn, F. and G. Roche (1992). Précis de télédétection, Presses de l'Université du Québec / AUPELF.
- Boubchir, M. A. (2007). Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thore (Region de Labruguiere et de mazamet). Département Géographie et Aménagement, Université de Toulouse. **Maîtrise: 75**.

Bouchard, M. (2002). La participation du public en évaluation environnementale. Séminaire de Bamako.

Bradshaw, C. J. A., N. S. Sodhi, et al. (2007) Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. Global change biology **13**, 2379-2395 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x

Brakenridge, G. R., B. T. Tracy, et al. (1998). "Orbital SAR remote sensing of a river flood wave." International Journal of Remote Sensing **19**(7): 1439-1445.

Brivio, P. A., R. Colombo, et al. (2002). "Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas." International journal Remote Sensing **23**(3): 429-441.

Brustet, J.-M. and A. Lopes (1998). Bases Physiques. D.E.S.S télédétection 97/98, Groupement pour le Développement de la Télédétection AÉRSOpatiale (GDTA).

Bui, D. V. (2008). Analyse et modélisation du risque d'inondation en aval du delta du fleuve Rouge en utilisant la télédétection et les système d'information géographique(SIG). Département de géographie et de télédétection. Sherbrooke, Université de Sherbrooke. **Doctorat en télédétection: 142.**

BVGC (2008). Outils de gestion et engagements du gouvernement, Chapitre 9: L'évaluation environnementale stratégique. Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable à la Chambre des communes. Bureau du vérificateur général du Canada, Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada 2008: 36.

Canon, T. (1994). Vulnerability analysis and the explanation of natural disasters. Disasters, development and the environment. A. Varley, Chichester: John Wiley.

CCFSC (2006). National Strategy and Action Plan for Disaster Prevention, Control and Mitigation in Vietnam-2001 to 2020, Central Committee for Flood and Storm Control, Government of Vietnam: 204.

CCFSC (2009). Plan d'Actions et Stratégie de Préparation et Mitigation face aux Catastrophes au Vietnam. CCFSC. Hanoï, Ministère de l'agriculture et du développement rural.

CCTSMHE (2002). Establishment of Inundation Map for Seven Central Provinces, Vietnam Center of Consultancy & Technical Support of Meteorology, Hydrology and Environment, Hydrometeorological Service of Vietnam (HMS): 74.

CEMAGREF (1993). Rapport technique. Étude Hydraulique des Wateringues. Lyon, Centre du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (CEMAGREF): 168.

CESAP (1992a). Social development strategy for the ESCAP Region towards the year 2000 and beyond. New York, US, Nations Unies: 44.

Chambers, R. (2009). Going to Scale with Community-Led Total Sanitation: Reflections on Experience, Issues and Ways Forward, IDS.

Chaplot, V., F. Darboux, et al. (2006). "Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density." Geomorphology **77**(1-2): 126-141.

COMITAS (1988). "Glossaire des termes officiels de la télédétection aérospatiale." Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection **112**: 62.

Cottam, H. (1994). "The death of the clinic? Participatory urban appraisal (PUA) in a Dominican barrio." PRA Notes **21**: 28-33.

Cunningham, D. J. (2006). The application of risk analysis tools in Civil Defence Emergency Management Planning in New Zealand. Palmerston North, New Zealand, Massey University. **Masters of Philosophy in Emergency Management.**

Cutter, S. L., B. J. Boruff, et al. (2003). "Social Vulnerability to Environmental Hazards." Social Science Quarterly **84**(2): 242-261.

Damle, C. and A. Yalcin (2006). "Flood prediction using Time Series Data Mining." Journal of hydrology **333**(2-4): 673-684.

Daniel, F. T., A. S. James, et al. (2003). "Attenuating reaches and the regional flood response of an urbanizing drainage basin." Water Resources **26**(6): 673-684.

Dauphiné, A. (2001). Risques et catastrophes. Paris, Armand Colin.

De Koninck, R. (2005). L'Asie du Sud-Est, Armand Colin, Paris.

Devuyst, D. (2001). "Introduction to sustainability assessment at the local level. In: Devuyst D, editor. How green is the city? Sustainability assessment and the management of urban environments." New York: Columbia University Press: 1-41.

DMU (2002). Flood Mapping Annual Report Year 2 (2001-2002). Hanoi, VIE/97/002 Project, DMU (Disaster Management Unit): 25.

DMU (2004). Report on the PRA training for flood hazard mapping in three centres provinces: Quang Nam, Da Nang and Thua Thien Hue, . Hanoi, UNDP project VIE/97/002 - Disaster Management Unit (DMU).

Douglass, M., M. DiGregorio, et al. (2002). The urban Transition in Vietnam, Department of Urban and Regional Planning, University of Hawai'i at Manoa, Honolulu, Hawai'i, USA. United Nations Human Settlements Programme, Fukuoka, Japan. UNDP-Vietnam.

Dubois, O., S. Treinen, et al. (2008). Policy Processes - Part 3. Two Important Aspects of Government-Citizen Synergy in Policy Processes Participation and Communication, FAO.

Duong, V. A. (1997). O Chau Can Luc. Ha Noi, Trung tam khoa hoc xa hoi va nhan van quoc gia, Vien nghien cuu Han Nom.

Ellis, R. (1998). Speaking to the people: The rhetorical presidency in historical perspective, University of Massachusetts Press (Amherst).

FAO-CIFOR (2005). Forests and Floods: Drowning in Fiction or Thriving on Facts? Bangkok-Bogor, Center for International Forestry Research, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fekete, A. (2009). The Interrelation of Social Vulnerability and Demographic Change in Germany. 7th International Science Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change.

Felipe, I. P., J. M. Dohm, et al. (2006). "Flood detection and monitoring with the Autonomous Sciencecraft Experiment onboard EO-1." Remote Sensing of Environment **101**(4): 463-481.

Fipi (2001). Bao cao hien trang rung tai Viet Nam den nam 2000 (Rapport sur le status de couverture forestière du Vietnam jusqu'à l'année 2000). Ha Noi, Forest Inventory and Planning Institute.

Flaherty, M., P. Vendergeest, et al. (1999). "Rice paddy or shrimp pond: tough decisions in rural Thailand." World Development **27**(12): 2045-2060.

Frappart, F., F. Seyler, et al. (2005). "Floodplain water storage in the Negro River basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water levels." Remote Sensing of Environment **99**(4): 357-399.

Gaétan A. Leduc, M. R. (2000). L'évaluation des impacts environnementaux. Québec, Canada, Éditions multimondes.

Gauthier, M., L. Simard, et al. (2000). "Participation du publique à l'évaluation environnernentale stratégique." Bibliothèque nationale du Québec: 65.

Geheb, K. and F. Gichuki (2003). Mekong Basin Profile: strategic research for enhancing agricultural water productivity. Challenge Program on Water and Food, CGIAR: 97.

GIEC (2001). "Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques." Résumé du groupe III. Edition Cambridge University Press.

Gilard, O. and N. Gendreau (1998). "Inondabilité: une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion mieux intégrée des bassins versants." Revue des sciences de l'eau **3**: 429-444.

Girard, M.-C. (1986). "Interpétation pédalogique des photographies prises par Spacelab 1." ITC Journal, Enschede, Hollande **1**: 14-18.

Glewwe, P. W. et J. van der Gaag (1990). "Identifying the Poor in Developing Countries: Definitions, Information and Policies." World Development.

Gout, J.-P. (1993). Prevention et gestion des risques majeurs. Paris, Les éditions de l'environnement.

Gowing, J. W., T. P. Tuong, et al. (2006). Social and Environmental Impact of Rapid Change in the Coastal Zone of Vietnam: an Assessment of Sustainability Issues. Environment and Livelihoods in Tropical Coastal Zones. Managing Agriculture–Fishery–Aquaculture Conflicts, CAB International.

GSO (2000). Vietnam Living Standards Survey 1997-1998. Hanoi, General Statistical Office, Statistical Publishing House.

Gujja, B. (2001). Dam accused of role in flooding: Research paper: "dams and floods", World Wide Fund for Nature.

Gyllenhammar, A. and T. Gumbricht (2005). "Wasubi: a GIS tool for subbasin identification in topographically complex waterscape." Environmental Modelling & Software **20**(6): 729-736.

Hagg, W. and M. Sties (1998). Monitoring the Oder/Germany flood with ERS, RADARSAT and optical data. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'98), Seattle.

Hansen, D. (2007). "Comment on "Use of parameter optimization to a flood wave Potential applications to remote sensing of rivers" by Helene Roux and Denis Dartus." Journal of Hydrology **338**(1-2): 156-167.

Hansson, K., M. Danielson, et al. (2008). "Assessment of a Flood Management Framework." International Journal of Public Information Systems **1**: 25-37.

Hartley, N. and C. Wood (2005). "Public participation in environmental impact assessment—implementing the Aarhus Convention." Environmental Impact Assessment Review **25**: 319-340.

HMS (1999). Ho so ky thuat cac tran lu lich su, dac biet lon tren cac he thong song mien Trung, Quang Binh - Binh Thuan (Documentation des inondations historiques, extraordinaires dans les fleuves du Centre du Vietnam, de province de Quang Binh à Binh Thuan). Hanoi, Vietnam, Hydrometeorological Service du Vietnam (HMS).

Hoang, T. H. (2009). *Décision d'approuver le plan d'Actions et Stratégie de Préparation et Mitigation face aux Catastrophes au Vietnam* P. Ministre. Ha Noi.

Hooijer, A., F. Klijn, et al. (2004). "Toward Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins: Synopsis of the Finding of IRMA-SPONGE " *River Research and Applications* **20**: 343-357.

Horney, J., C. Snider, et al. (2008). "Factors Associated with Hurricane Preparedness: Results of a Pre-Hurricane Assessment." *Journal of Disaster Research* **3**(2): 142-151.

Horritt, M. S. and P. D. Bates (2002). "Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation." *Journal of Hydrology* **268**: 87-99.

Hübl, J. and H. Steinwendtner (2001). "Two-dimensional of two viscous debris flows in Austria." *Physics and Chemistry of the Earth* **26**(9): 639-644.

Hufschmidt, G., M. Crozier, et al. (2005). "Evolution of natural risk: research framework and perspectives." *Natural Hazards and Earth System Sciences* **5**: 375-387.

IDS/IIED (1994). *PRA and PM&E*. London, IDS, Sussex and IIED.

ISDR (2004). *Living with risk: a global review of disaster ISDR*. Geneva, ISDR Secretariat.

Jha, R. and A. Sharma (2003). *The Spatial Distribution of Rural Poverty in the Last Three Quinquennial Rounds of NSS*. Canberra, Australia, Australian National University: 28.

Jonge, T. D. and M. Kok (1996). *Modelling floods and damage assessment using GIS*. HydroGIS 96: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management, Vienna, IAHS Publication.

Jonkman, S. N., P. H. A. J. M. v. Gelder, et al. (2003). "An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage." *Journal of Hazardous Materials* **99**(1): 1-30.

Jordan, G. (2007). "Adaptives smoothing of valleys in DEMS using TIN interpolation from ridgeline elevations: An application to morphotectonic aspect analysis." Computers & Geosciences **33**(4): 573-585.

Kane, J. O. (2006). "The hysteretic linear reservoir- a new Preisach model physica B." Condensed matter **372**(1-2): 388-392.

Kleinen, J. (2006). "Historical perspectives on typhoons and tropical storms in the natural and socio-economic system of Nam Dinh (Vietnam)." Journal of Asian Earth Sciences **29**: 523-531.

Kuban, R. and H. MacKenzie-Carey (2001). Community-wide Vulnerability and Capacity Assessment (CVCA). Directorate of Research and Development (DRD) in the Office of Critical Infrastructure Protection and Emergency Preparedness (OCIPEP), Office of Critical Infrastructure Protection and Emergency Preparedness (OCIPEP): 47.

Lang, M. T. (2001). Fallacy of Sustainability of Management of the Mekong River Basin: Communication Perspective. The Role of Water in History and Development, Bergen, Norway, UNESCO.

Layguer, O., K. Fellah, et al. (1997). High temporal detection and monitoring of flood zone dynamic using ERS data around catastrophic natural events: the 1993 and 1994 Camargue flood events. The 3rd ERS Symposium (ESA), 18-21 March 1997, Florence (Italy).

Lea, A. (2002). Interviewed by Nicola Hartey in 22 July 2002.

Ledoux, L., S. Cornell, et al. (2004). Towards sustainable flood and coastal management: identifying drivers of, and obstacles to, managed realignment. CSERGE Working Paper ECM 04-01. Craigiebuckler, Aberdeen, Socio-Economics Research Programme, Macaulay Institute: 32.

Leopold, L. B., M. G. Wolman, et al. (1964). "Fluvial Processes in Geomorphology." W.H. Freeman, San Francisco, California.

Levy, J. K. (2005). "Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (SERRA)." Earth and Environmental Science **19**(6): 438-447.

Lillesend, T. M. and R. W. Kiefer (1987). Remote Sensing and Image Interpretation John Wiley & Son Inc.

Longley, P. and M. Batty (1996). Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment. New York, Pearson Professional Ltd.

Luong, A. T. (1996). "Caractérisation de l'évolution des cultures sèches et des zones inondées par la télédétection, Agriculture familiale et Gestion des ressources du milieu dans le bassin du Fleuve Rouge." Maison d'Edition de l'Agriculture 2: 197-209.

Luong, A. T. (2001). Cartographie forestière à l'aide d'images radar et optiques multirésolution : cas de la province de Phu tho, Viêt-nam. Département de géographie et télédétection. Sherbrooke, Université de Sherbrooke. **Mémoire de maîtrise**: 88.

Machlis, G. E., J. E. Force, et al. (1990). "Timber, minerals and social change: an exploratory test of two resource dependent communities." Rural Sociology 55 411(24).

Makropoulos, C. K. and D. Butler (2006). "Spatial ordered weighted averaging : Incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multicriteria decision-making." Environmental Modelling & Software 21(1): 69-84.

Martens, T. and K. Ramm (2007). "Newsletter 2: Weitere Ergebnisse der Telefonbefragung. INNIG Teilprojekt." http://innig.rtens.net/modules/Downloads/hjiu3443/INNIG_TP3_Newsletter_2.pdf.

Marttunen, M. and R. P. Haimailainen (1995). "Decision analysis interviews in environmental impact assessment." European Journal of Operational Research 87: 551-563.

McEntire, D. A., C. Fuller, et al. (2002) A comparison of disaster paradigms: the search for a holistic policy guide. Public Administration Review 62, 267-281 DOI: 10.1111/1540-6210.00178

MEDD (2003). Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques d'inondation (ruissellement péri-urbaine). Paris, Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD), bureau des risques naturels: 68.

Mileti, D. S. (1999). Disasters by Design, Rothstein Associates Inc.

Mohamed Ait Belaid, B. (2003). Urban-Rural Land Use Change Detection and Analysis Using GIS & RS Technologies. 2nd FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco.

Monirulislam, M. and K. Sado (2000). "Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS." Hydrological Sciences **45**(3): 337-355.

Morel, S., H. Fahmy, et al. (1993). "A composite hydraulic and statistical flow routing method." Water Resources Research **29**(2): 413-418.

MRC (2005). Basin Development Plan, ASEAN, UNESCAP, Global Water Partnership, ADB.

MRC (2005). Public Participation in the Context of the MRC: 12.

Murai, S. (1994). Remote sensing note, Japan Association on Remote Sensing.

MWLAP (2004). Flood Hazard Area, Land Use Management Guidelines, Ministry of Water, Land and Air Protection, Province of British Columbia.

NAS (2005). Flash Flood Forecasting Over Complex Terrain: With an Assessment of the Sulphur Mountain Nexrad in Southern California. Washington, D.C., The National Academies Press.

Ngung, N. V. (2004). Les problèmes actuels de protection de l'environnement et développement économique Hanoi, Vietnam.

Nguyen-t, T. N. (1999). "Intergrated water management in the irrigation pumped sustems in the Red River Delta, Viet Nam, in : Worshop "Towards an ecoregional approach for natural resource management in the Red River Basin"." The Agricultural Publishing House, Hanoi: 135-142.

Nguyen, N. H. (1996). Vietnam coastal zone vulnerability assessment. Hanoi, Center for Consultancy and Technical Support of Meteorology, Hydrology and Environment.

Nguyen, P. T. N., M. H. Phuoc, et al. (2000). Human resources development in the Mekong Delta. C. D. p. N. 31, Centre for ASEAN Studies (CAS), Centre for International Management and Development Antwerp (CIMDA): 20.

Nguyen, X. D., V. C. Pham, et al. (1994). La télédétection satellitaire : un outil pour l'aménagement agricole et les études d'impact environnemental dans le DFR (Vietnam). Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone. F. Bonn, Presse de l'Université du Québec: 433-456.

Nicholls, R., M. Mokrech, et al. (2005). Assessing coastal flood risk at specific sites and regional scales, Tyndall project T2.46 Technical Report: 81.

Ninh, N. H., N. H. Luat, et al. (2005). Environmental Analysis of the Draft Socio Economic Development Plan 2006-2010. Hanoi, Vietnam Union of Scientific and Technological Associations Centre for Environment Research Education and Development.

O'Keefe, P., K. Westgate, et al. (1976). "Taking the naturalness out of natural disasters." Nature **260**: 566-567.

OAS (1991). Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning. Washington, D.C., Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for economic and Social Affairs Organization of American States, Organization of American States.

Ogle, B. M., P. H. Hung, et al. (2001). "Significance of wild vegetables in micronutrient intakes of women in Vietnam: an analysis of food variety." Asia Pacific J Clin Nutr **10**(1): 21-30.

Osbaahr, H., C. Twyman, et al. (2008). "Effective livelihood adaptation to climate change disturbance: scale dimensions of practice in Mozambique." Geoforum **39**(6): 1799-2132.

P.Stoltman, J., J. Lidstone, et al. (2004). Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, and Consequences, Kluwer Academic Publishers.

Pappenberger, F., K. Beven, et al. (2007). "Grasping the unavoidable subjectivity in calibration of flood inundation models : A vulnerability weighted approach." Journal of Hydrology **333**(2-4): 275-287.

PCFSC (2003). Báo cáo chiến lược phòng chống và giảm nhẹ thiên tai vùng ven biển tỉnh Thừa Thiên Huế đến năm 2020 (Rapport sur la stratégie de lutter-contre et diminuer des risques des catastrophes dans les zones costières de la province de Thua Thien Hue). Thua Thien Hue, Comité provinciale de contrôle d'inondation et de tempête.

Peace, L. (2000). An integrated approach for community hazard, impact, risk and vulnerability analysis : HIRV. Vancouver, University of British Columbia.

Pearce, L. (2000). An integrated approach for community hazard, impact, risk and vulnerability analysis : HIRV. Vancouver, University of British Columbia.

Perrin, J., P.-Y. Jeannin, et al. (2003). "Epikarst storage in a karst aquifer : a conceptual model based on isotopic data, Milandre test site, Switzerland." *Journal of hydrology* **279**(1-4): 106-124.

Petrova, E. (2006). "Vulnerability of Russian regions to natural risk: experience of quantitative assessment." *Natural Hazards and Earth System Sciences* **6**(49-54).

Pham, K. T., N. H. Nguyen, et al. (2007). "The study genetic diversity and gene tool conservation of farm animals in Thua Thien Hue Province, Central Vietnam." *Publishing Agriculture and Rural Development, Ha Noi* **4**(1922).

Pham, T. H. G. and T. V. Vu (2004). *Effects of forest activities on runoff*. Food Security and Sustainable Resource Management in a Market Economy: Challenges and Options. 4th International Symposium, Chiang Mai, Thailand.

Pham, V. C. (1996). Établissement de la carte morphologique par l'intégration entre télédétection et SIG pour les régions planes (sur un exemple de delta de Fleuve Rouge). Hanoi, Vietnam, Université de Hanoi. **Thèse doctorale**: 167.

Pilon, P. J., Ed. (2001). *Guidelines for Reducing Flood Losses*. International Strategy for Disaster Reduction, United Nations.

Planning-Policy-Wales (2003). Development and Flood Risk, Technical Advice Note (Wales), Consultation Draft.

Pope, J., D. Annandale, et al. (2004). "Conceptualising sustainability assessment." Environmental Impact Assessment Review **24**: 595-616.

Popea, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. Environmental Impact Assessment Review **24** (2004): 595-616.

Pretty, J. N., I. Guut, et al. (1995). Participatory learning and action : a trainer's guide, IIED - London.

Puech, C. and D. Raclot (2002). "Using geographical information systems and aerial photographs to determine water levels during floods." Hydrological Processes **16**(8): 1593-1602.

Renfro, N. A. and J. L. Smith (2008). Threat/Vulnerability Assessments and Risk Analysis. Washington, DC, national Institute of Bulding Sciences.

Renn, O. (1992). "Concepts of risk: a Classification, in: Social Theories of Risk, edited by: Krinsky, S. and Golding, D., Praeger." Westport: 53-79.

Ritzema, H. P., D. T. Le, et al. (2007). "Participatory research on the effectiveness of drainage in the Red River Delta, Vietnam." Journal of Irrigation and Drainage Systems **221**(2-3): 116-132.

Rodriguez-Iturbe, I. and A. Rinaldo (1997). Fractal River Basins: Chance and Selforganization, Cambridge University Press.

Sadiq, R. and S. Tesfamariam (2007). "Probability density function based weights for ordered weighted averaging (OWA)." European Journal of Operational Research **182**(3): 1350-1369.

Sakamoto, T., V. N. Nguyen, et al. (2007). "Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong delta from MODIS time-series imagery." Remote Sensing of Environment **109**(3): 295-313.

Sande, C. v. d. (1996). IKONOS imagery classified with Definiens eCognition for a flood damage assessment, Natural Hazards Unit, Research Centre of the European Union: 3.

Sarangi, A., C. A. Madramootoo, et al. (2006). "Comparison of spatial variability techniques for runoff estimation from a Canadian watershed." Biosystems Engineering **95**(2): 295-308.

Schanze, J., E. Zeman, et al. (2006). Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures, Springer.

Shaw, R. (2006a). Community base climate change adaptation in Vietnam: inter-linkage of environment, disaster and human security. Multiple Dimension of Global Environment Changes. S. Sonak, TERI publication: 521-547.

Shaw, R. (2006b). "Critical Issues of Community Based Flood Mitigation: Examples from Bangladesh and Vietnam." Journal of Science & Culture **72**(1-2).

Smith, K. (2004). "Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster." Routledge, London, New York: 306.

Smith, L. C., B. L. Isacks, et al. (1995). "Estimation of discharge from braided glacial rivers using ERS 1 synthetic aperture radar : first results." Water Resources Research **31**(5): 1325-1329.

Smith, P. N. (2006). "Flexible aggregation in multiple attribute decision making : Application to the Kuranda Range road upgrade. Cybernetics and Systems." An International Journal **37**: 1-22.

Soille, P., J. Vogt, et al. (2003). Carving and adaptive drainage enforcement of grid digital elevation models, Land Management Unit. Institute for Environment and Sustainability.

Statistical-Year-Book (2003). GSO (General Statistical Office of Vietnam).

Steinführer, A. and C. Kuhlicke (2007). Social vulnerability and the 2002 flood. Country Report Germany (Mulde River). Floodsite Report Number T11-07-08. Leipzig, UFZ Centre for Environmental Research.

Stephenson, D., A. Nixon, et al. (1995). Public Participation in EIA: a Review of the Experience in Europe and the UK, Centre for Environmental Management and Planning, University of Aberdeen.

Tapsell, S. M., E. C. Penning-Rowsell, et al. (2002). "Vulnerability to flooding: health and social dimensions." The Royal Society **360**: 1511-1525.

Tekatljan, A. (2001). Catalogue de techniques d'acquisition de données topométriques pour les études hydrauliques, Centre d'Études des Techniques, Maritimes et Fluviales: 74.

Terrell, M. P. and C. Chaweng (1993). "A multiobjective reservoir operation model with stochastic inflows." Computers & Industrial Engineering **24**(2): 303-313.

Thieken, A., H. Kreibich, et al. (2007). "Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002." Hydrological Sciences - Journal des Sciences Hydrologiques **52**(5): 1016-1037.

Tran, P., F. Marincioni, et al. (2007a). "Flood risk management in Central Vietnam: challenges and potentials." Natural Hazards **46**(1).

Tran, P. and R. Shaw (2007b). "Towards an integrated approach of disaster and environment management: A case study of Thua Thien Hue province, central Vietnam." Environmental Hazards **7**(1): 271-282.

Ujjie, T. (2001). Commentary on environmental sustainability. Program Commentary, Partnership to Mitigate Natural Disasters in Central Vietnam (NDM).

UNDRO (1991). Disaster Management and Mitigation Possibilities and Insurance Aspects, Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (UNDRO), South Pacific Programme Office.

Van de Walle, D. (2002). "Choosing rural road investments to help reduce poverty." World Development **30**(4): 575-589.

Van de Walle, D. and Gunewardana (2001). "Sources of ethnic inequality in Viet Nam." Journal of Development Economics **65**: 177-207.

Van der Sande, C. (2001). IKONOS imagery classified with Definiens eCognition for a flood damage assessment, Natural Hazards Unit, Research Centre of the European Union: 3.

VIE/97/002, U. P. (2001). Strategy and Action Plan for Disaster Preparedness and Mitigation in Vietnam.

Villegas, P. (2004). Flood Modelling in Perfume River basin, Hue Province, Vietnam. International Institute for Geo-information and Earth Observation. Enschede, Netherlands, ITC. **Master**: 86.

Webber, L. M. and R. L. Ison (1995). "Participatory Rural Appraisal Design: Conceptual and process issues." Agricultural Systems **47**(1): 107-131.

Werritty, A. (2006). "Sustainable flood management: oxymoron or new paradigm?" Area **38**(1): 16-23.

Werritty, A. (2006). "Sustainable flood management: oxymoron or new paradigm?" Journal compilation © Royal Geographical Society (with The Institute of British Geographers) **38**(1): 16-23.

Williams, B. T. (1990). "Assessing the health impact of urbanization." World Health Statistics Quarterly **43**: 145-152.

Wilson, C. A. M. E., P. D. Bates, et al. (2002). "Comparison of turbulence models stage-discharge rating curve prediction in reach-scale compound channel flows using two-dimensional finite element methods." Journal of Hydrology **257**(1-4): 42-58.

WMO/GWP (2008). Urban Flood Risk Management - A Tool for Integrated Flood Management.

Yves, L., P. Jacques, et al. (1994). "Méthodes multicritères ELECTRE. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale." Presses Polytechniques et Université Romandes: 323.